

ISSN 2305-414X

FEDERAL STATE AUTONOMOUS EDUCATIONAL INSTITUTION
OF HIGHER PROFESSIONAL EDUCATION
NATIONAL RESEARCH NUCLEAR UNIVERSITY
"МЕРИ"

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

GLOBAL NUCLEAR SAFETY

The scientific and practical journal
Number 2(15), 2015



Научно-практический журнал
№2(15) 2015

ГЛОБАЛЬНАЯ ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Moscow

Москва

FEDERAL STATE AUTONOMOUS EDUCATIONAL INSTITUTION
OF HIGHER PROFESSIONAL EDUCATION
NATIONAL RESEARCH NUCLEAR UNIVERSITY
"MEPHI"

GLOBAL NUCLEAR SAFETY

№ 2(15) 2015

Founded in November, 2011

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

The journal is issued 4 times a year

ISSN 2305-414X

Editor-in- Chief:

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

Editorial Board members:

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 Florey (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)),

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

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

A.M. Agapov (Doctor of Technical sciences, Professor (Russia)),

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

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

I.A. Bublikova (PhD (Technical sciences), associate 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 Florey (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)),

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

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

A.M. Agapov (Doctor of Technical sciences, Professor (Russia)),

A.V. Chernov (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:

Federal state autonomous educational institution of higher professional education

National research nuclear university

"MEPHI"

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

Press address: 347360, Russia, Rostov region, Volgodonsk, Lenin Street, 73/94.

Moscow

NRNU MEPHI

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

ГЛОБАЛЬНАЯ ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

№ 2(15) 2015

Основан в ноябре 2011 г.

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» – 10647

Выходит 4 раза в год

ISSN2305-414X

Журнал включен в перечень ВАК РФ

Главный редактор:

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

Редакционный совет:

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

Учредитель:

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

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

Москва
НИЯУ МИФИ

© Издательство Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», 2015

CONTENTS

Number 2, 2015

THE PROBLEMS OF NUCLEAR, RADIATION AND ECOLOGICAL SAFETY

Damage Assessment of Environmental Radioactive Contamination at Nuclear Facilities during Radiation Accident <i>I.A. Starodubtcev , A.P. Elokhin</i>	7
New Technologies Applied at the Reconstruction of Water Intake Facilities for The Purpose of Improving Fish Protection Devices <i>V.G. Tkachev, L.V. Postoy</i>	24

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

Expediency of Mobile Technological Equipment Use During Production of Nuclear Machine Building Objects <i>P.D. Kravchenko</i>	30
Formation Process Modeling of the Seam Underside on Weight when One-side Welding Pipe Root Joints by Metal Cored Wire <i>A.M. Rybachuk, Gu. Czigany, Yu.V. Doronin, P.S. Kuznetsov</i>	35
Production of Shutoff Valves Details by Powder Metallurgy Methods <i>A.V. Marchenko, E.I. Kolokolov</i>	45
Experimental Research Protection against Gamma Radiation of Organic and Metallic Compositions <i>O.L. Tashlykov, S.E. Shsceklein, A.P. Chomjakov, I.M. Russkikh, E.N. Seleznev</i>	49
System of Electrodriving Fittings Diagnostic Signals Processing <i>E.A. Abidova, O.V. Malik, D.S. Gavrilenko</i>	56

NUCLEAR FACILITIES EXPLOITATION

About Improving the Efficiency and Safety of NPP Thermal and Mechanical Equipment <i>V.A. Dunaev, N.A. Lonshakov, V.A. Gorbunov</i>	63
Test Results of the Rostov NPP Power Unit № 3 Protective Cover <i>V.N. Medvedev, Aleksandr S. Kiselev, Aleksey S. Kiselev, A.N. Ulyanov, V.F. Strizhov, A.A. Salnikov</i>	71

Constructive Schemes Load Gripping Devices Intended for Dismantling Nuclear

Facilities and Elimination of Emergency Situation Consequences <i>D.N. Fedorenko</i>	84
---	----

Improving of Efficiency of Cleaning up Watersheds Basins of Cooling Vaporizing Towers <i>O.L. Kolchenko, I.A. Nagibina, Ju.M. Matevosjan, G.V. Domrina, I.P. Tjumenev</i>	91
--	----

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

Economic Safety Culture and its Strategic Importance for Nuclear Power <i>M.V. Golovko</i>	100
---	-----

The Concept of Materials Pre-trial Preparation for the Crimes Committed in the Nuclear Safety Sphere in Russia <i>V.Yu. Dolgopolov</i>	106
---	-----

Modern Realization Features of Practice-Oriented Training Approach for Nuclear Branch in the Conditions of the Enterprise Resource Centers <i>V.A. Roudenko, N.P. Vasilenko</i>	111
--	-----

Author Index of vol. 2, 2015	
------------------------------------	--

СОДЕРЖАНИЕ

Номер 2, 2015

ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Оценка ущерба радиоактивного загрязнения окружающей среды на объектах использования атомной энергии в условиях радиационной аварии <i>И.А. Стародубцев, А.П. Елохин</i>	7
Новые технологии, применяемые при реконструкции водозаборных сооружений с целью совершенствования рыбозащитных устройств <i>В.Г. Ткачев, Л.В. Постой</i>	24

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

Целесообразность применения мобильного технологического оборудования при изготовлении изделий атомного машиностроения <i>П.Д. Кравченко</i>	30
Моделирование процесса формирования обратной стороны шва на весу при односторонней сварке корневых стыков трубопроводов металлопорошковой проволокой <i>А.М. Рыбачук, Гу Цзэжэнь, Ю.В. Доронин, П.С. Кузнецов</i>	35
Изготовление деталей запорной арматуры методами порошковой металлургии <i>А.В. Марченко, Е.И. Колоколов</i>	45
Экспериментальное исследование защит от гамма-излучения органо-металлических композиций <i>О.Л. Тапшыков, С.Е. Щеклеин, А.П. Хомяков, И.М. Русских, Е.Н. Селезнев</i>	49
Система обработки диагностических сигналов электроприводной арматуры <i>Е.А. Абидова, О.В. Малик, Д.С. Гавриленко</i>	56

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

К вопросу о повышении эффективности и безопасности эксплуатации тепломеханического оборудования АЭС <i>В.А. Дунаев, Н.А. Лоншаков, В.А. Горбунов</i>	63
Результаты испытаний защитной оболочки энергоблока № 3 Ростовской АЭС <i>В.Н. Медведев, Александр С. Киселев, Алексей С. Киселев, А.Н. Ульянов, В.Ф. Стрижов, А.А. Сальников</i>	71
Конструктивные схемы грузозахватных устройств, предназначенных для демонтажа радиоактивных объектов и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций <i>Д.Н. Федоренко</i>	84
Повышение эффективности очистки водосборных бассейнов башенных испарительных градирен <i>О.Л. Кольченко, И.А. Нагибина, Ю.М. Матевосян, Г.В. Домрина, И.П. Тюменев</i>	91

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

Культура экономической безопасности и ее стратегическое значение для атомной энергетики <i>М.В. Головкин</i>	100
Концепция досудебной подготовки материалов по преступлениям, совершенным в сфере ядерной безопасности России <i>В.Ю. Долгополов</i>	106
Особенности современной реализации практикоориентированного подхода подготовки кадров для атомной отрасли в условиях ресурсных центров предприятий <i>Руденко В.А., Василенко Н.П.</i>	111
<i>Поздравляем Юрия Викторовича Доронина!</i>	117

Авторский указатель номера 2, 2015

Сдано в набор 23.06.2015 г.
Усл. печ. л. 13.64
Тираж 300 экз.

Подписано к печати 25.06.2015 г.
Уч.-изд. л.9.42

Формат 84 x 108/16
Печ. л.8.81

ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 621.039.586

ОЦЕНКА УЩЕРБА РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОБЪЕКТАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ В УСЛОВИЯХ РАДИАЦИОННОЙ АВАРИИ

© 2015 г. И.А. Стародубцев, А.П. Елохин

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва

В статье рассматривается проблема безопасной эксплуатации существующих хранилищ радиационно-опасных отходов, строительства новых хранилищ на территории СНГ. Дается краткая классификация существующих радиоактивных отходов. Проведен обзор комплекса причин крупнейших радиационных аварий на ОИАЭ, с точки зрения технических неисправностей обслуживающих автоматических устройств автоматики. Приведена краткая характеристика радиоактивных веществ, выброшенных в атмосферу в результате радиационных аварий, особенности радиоактивного загрязнения прилегающих территорий, дозиметрический анализ местности.

Ключевые слова: радиационно-опасные объекты, радиационно-опасные отходы, ядерная безопасность, радиационная безопасность, радиационная авария, ущерб окружающей среды.

Поступила в редакцию 20.04.2015 г.

Одной из важнейших проблем, связанных с применением атомной энергии на объектах использования атомной энергии (ОИАЭ), является образование радиационно-опасных отходов (РАО) при штатной работе ОИАЭ и выводе их из эксплуатации. К настоящему времени, по имеющимся оценкам, во всем мире уже накоплено около 300 тыс. т отработанного ядерного топлива, а к 2030 г. этот объем возрастет до 500 тыс. т с активностью около 10^{20} Бк [1].

Обращение с РАО требует развития соответствующих технологий не только переработки всех типов отходов, но и последующего хранения до момента потери ими потенциальной опасности. В связи с развитием технологии переработки радиационно-опасных отходов на всех стадиях эксплуатации радиационно-опасных объектов, остро стоит проблема снижения потенциальной возможности загрязнения окружающей среды [1].

Несоблюдение норм строительства и эксплуатации хранилищ отходов приводят к полномасштабным катастрофам с выбросами радиоактивных веществ в атмосферу. Яркими примерами могут служить аварии таких объектах, как ПО «Маяк», Сибирский химический комбинат (СХК). Причина в систематическом нарушении этих норм зачастую кроется в желании сэкономить бюджетные средства, выделенные на строительство и эксплуатацию данных объектов. Не смотря на условия абсолютной секретности вокруг этих аварий, как в СССР, так и за рубежом, государственными структурами этих стран принимались значительные усилия для снижения их медико-биологических последствий [2]. Однако, ущерб окружающей среде, стоимость комплекса мер по снижению последствий аварий несоизмеримы со средствами, сэкономленными на игнорировании существующих правил и норм строительства и эксплуатации хранилищ.

Российская федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и период до 2015 года» [3] призвана создать необходимые условия для обеспечения ядерной и радиационной безопасности на долгосрочную перспективу. Современная ситуация в области ядерной и радиационной безопасности характеризуется тремя ключевыми факторами:

- Необходимостью формирования государственной системы контроля для обеспечения ядерной и радиационной безопасности при использовании ядерной энергии.

- Наличием ядерно- и радиационно-опасных объектов, не отвечающих современным.

- Требованиям ядерной и радиационной безопасности и представляющих собой угрозу национальной безопасности.

- Необходимостью неотложного решения накопившихся проблем на государственном уровне и недопустимостью их дальнейшей отсрочки [1].

Перечисленные аспекты актуальны в странах СНГ в еще большей степени. Этот факт вызывает беспокойство, в связи с использованием на их территории АЭС, хранилища отходов, многие из которых не проходили модернизацию с момента распада СССР. Масштаб этих проблем характеризуется следующими причинами:

- Не обеспечена надежная изоляция системы долговременного хранения радиоактивных отходов в приповерхностных хранилищах от окружающей среды. Требуется приведение так называемых исторических хранилищ в безопасное состояние и создание региональных пунктов захоронения радиоактивных отходов.

- Не изолированы от окружающей среды большие объемы радиоактивных отходов (Теченский каскад водоемов, бассейны-отстойники и хвостохранилища организаций ядерного топливного цикла (ЯТЦ) и др.).

- Накоплено свыше 18,5 тыс. т ОЯТ. Близкими к критическим являются показатели заполнения хранилищ отработанного ядерного топлива (ОЯТ) на АЭС с реакторами типа РБМК и ЭГП-6 на пристанционных хранилищах радиоактивных отходов.

- Используются в более чем в 16 тыс. организациях источники ионизирующего излучения, что существенно повышает их уязвимость в отношении террористических угроз.

- Перешагнули 50-60-летний рубеж и требуют незамедлительной модернизации инженерные системы ядерно- и радиационно-опасных объектов [1].

Несмотря на описанные проблемы, некоторые страны продолжают сооружения радиационно-опасных объектов по устаревшим, заранее несовершенным проектам, игнорируя накопленный отрицательный опыт эксплуатации подобных сооружений, ради экономии бюджета. Настоящая статья преследует цель рассмотреть вопрос о самом понятии радиоактивных отходов, причинах аварий на хранилищах, рассмотреть возможности для предотвращения таких аварий.

Радиоактивные отходы – это не предназначенные для дальнейшего использования вещества в любом агрегатном состоянии, в которых содержание искусственных или естественных радионуклидов превышает уровни, установленные федеральными нормами и правилами.

В настоящее время Правительство РФ утвердило Постановление о критериях отнесения отходов к радиоактивным [4].

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 19 октября 2012 г. № 1069 «О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях

классификации удаляемых радиоактивных отходов» были определены области применения критериев и их классификация.

Критерии отнесения радиоактивных отходов к особым радиоактивным и удаляемым радиоактивным отходам:

1. К особым радиоактивным отходам относят радиоактивные отходы, образовавшиеся в результате выполнения государственной программы вооружения и государственного оборонного заказа. Так же учитывается использование ядерных зарядов в мирных целях или вследствие ядерной и/или радиационной аварии на объекте атомной энергии, жидкие радиоактивные отходы, размещенные в поверхностных водоемах – хранилищах радиоактивных отходов общим объемом более 25 000 м³, введенных в эксплуатацию до вступления в силу № 190-ФЗ, а также донные отложения таких водоемов-хранилищ, соответствующие следующим критериям:

– рассчитанные в соответствии с регулирующими обращение с радиоактивными отходами федеральными нормами и правилами, а также санитарными правилами в области обеспечения радиационной безопасности коллективная эффективная доза облучения за весь период потенциальной опасности радиоактивных отходов и риск потенциального облучения, связанные с удалением радиоактивных отходов, превышают коллективную эффективную дозу облучения, связанную с захоронением радиоактивных отходов в месте их нахождения;

– пункт хранения радиоактивных отходов и его санитарно-защитная зона размещены вне границ населенных пунктов, особо охраняемых природных территорий, прибрежных защитных полос и водоохранных зон водных объектов, других охранных и защитных зон, установленных в соответствии с законодательством Российской Федерации.

2. Радиоактивные отходы, не отнесенные к особым радиоактивным отходам в соответствии с пунктом 1, относятся к удаляемым радиоактивным отходам.

Согласно Постановлениям Правительства РФ радиоактивные отходы с учетом технологических особенностей обращения с ними относятся к 6 классам, каждый из которых содержит свои особые требования к хранению и утилизации [1].

В настоящее время на предприятиях Минатома РФ в 105 пунктах хранения находится более 500 млн. м³ жидких радиационных отходов (ЖРО), суммарная α -активность которых составляет в $1,9 \cdot 10^{16}$ Бк, а суммарная β -активность – $7,3 \cdot 10^{19}$ Бк. Кроме того, там находится около 180 млн. т твердых радиационных отходов (ТРО) в 274 пунктах хранения. Их суммарная α -активность составляет $6 \cdot 10^{15}$ Бк, β -активность – $8,1 \cdot 10^{18}$ Бк.

Основной вклад в образование РАО вносят предприятия ядерного топливного цикла.

Около 99 % РАО сосредоточено на предприятиях ПО «Маяк», Сибирском химическом комбинате и Горно-химическом комбинате. При суммарной активности ЖРО $7,3 \cdot 10^{19}$ Бк активность разных категорий РАО составила:

- низкоактивных – $1,9 \cdot 10^{19}$ Бк (менее 0,04 % общей активности);
- среднеактивных – $5,9 \cdot 10^{19}$ Бк (около 81 % общей активности);
- высокоактивных – $1,4 \cdot 10^{19}$ Бк (около 19% общей активности ЖРО).

Из 274 имеющихся в стране пунктов хранения ТРО в настоящее время действует 131 (48%), выведено из эксплуатации 110 (40%), законсервировано 33 (12%). По месту расположения эти пункты хранения распределились следующим образом: на промплощадках – 219 (80%), в санитарно-защитных зонах – 51(18%), в зонах наблюдения – 4 (2 %).

Наибольшее количество пунктов хранения ТРО расположено на предприятиях ЯТЦ – 146, АЭС – 46, горнорудных предприятиях – 31. На 21 предприятии отрасли РФ

эксплуатируют 30 установок переработки РАО. Установки цементирования, битумирования, остекловывания, кальцинации, упаривания, очистки сбросных вод, фракционирования ВАО предназначены для переработки жидких радиационных отходов (ЖРО) (20 установок), а установки сжигания, прессования, плавления – для переработки твердых радиационных отходов (ТРО) (10 установок).

Объем переработанных ЖРО за время эксплуатации установок составил 148325 тыс. м³, они распределились по типам установок (в тыс. м³) следующим образом: цементирование – 0,4, битумирование – 28,2, остекловывание – 12,5, кальцинация – 763,8, упаривание – 241,1, очистка сбросных вод – 135 019, прочие типы установок (обессоливание, фракционирование ВАО) – 12 260.

Количество переработанных низкоактивных ТРО составило 45,3 тыс. т (с активностью $6,7 \cdot 10^{12}$ Бк), распределившихся по типам установок (в тыс. т) следующим образом: сжигание – 0,3, прессование – 3, прочие типы установок (деактивация, плавление) – 42.

Активность ЖРО и ТРО, переработанных за время эксплуатации установок, в зависимости от категории отходов составила: высокоактивные – 12,9 тыс. м³, с активностью $1,1 \cdot 10^{19}$ Бк, среднеактивные – 242,3 тыс. м³, с активностью $4,2 \cdot 10^{15}$ Бк, низкоактивные – 148,1 млн м³, с активностью $3,1 \cdot 10^{15}$ Бк [1, 5].

Загрязненные радионуклидами территории (участки земель, водоемы) общей площадью 481,4 км², имеются на 25 предприятиях отрасли, из них загрязнение земли – 377 км² (78,3%), загрязненные водоемы – 104,4 км² (21,7%). Площадь загрязненных радионуклидами территорий в зависимости от зоны, в которой они находятся, составляет: промплощадки – 63,6 км², санитарно-защитная зона (СЗЗ) – 197,9 км², зона наблюдения (ЗН) – 219,9 км². Основная часть загрязненных территорий ПО «Маяк» (452 км², или 94%) образовалась в результате деятельности комбината по получению оружейного плутония.

Вся суммарная активность РАО (99%) сосредоточена на предприятиях Росатома – около $6 \cdot 10^{19}$ Бк (1,5 млрд. Ки).

Предстоящая утилизация большого количества судов АТО, вывод из эксплуатации устаревших блоков АЭС, удешевление строительства и эксплуатации хранилищ может привести к возникновению новых проблем обращения с РАО.

В настоящее время по объемам накопленных РАО наибольшее их количество приходится на ТРО, однако в последующем ожидается преимущественное поступление ЖРО. Суммарная активность ТРО в десятки раз выше активности ЖРО. Учитывается радиоактивность рабочих частей систем управления и защиты (СУЗ) реакторов, а на реакторных блоках (РБ) АПЛ и блоках реакторных помещений – дополнительная активность корпусов реакторов и находившихся в них высокоактивных конструктивных элементов [1,5].

РАДИАЦИОННАЯ АВАРИЯ НА ПО «МАЯК» 1957 г.

Радиационная авария на ПО «Маяк» с выбросом радиоактивных веществ в атмосферу произошла 29 сентября 1957 г. в 16 ч 22 мин по местному времени. По современной международной классификации радиационных инцидентов и аварий МАГАТЭ, аварии 1957г. относится к тяжелым, с последствиями, приведшими к необходимости применения мер радиационной защиты населения и локальном масштабе, и имеет индекс 6 по 7-бальной шкале [2].

Непосредственной причиной радиационной аварии 1957 г. явился химический взрыв хранившихся высокоактивных жидких радиоактивных отходов радиохимического производства. Взрыв произошел в емкости-хранилище (банке) № 14

комплекса С-3 радиохимического завода. Комплекс, запущенный в эксплуатацию в 1951, был предназначен для обработки и длительного хранения жидких отходов радиохимического производства. Он представлял собой заглубленные в грунт бетонные сооружения с установленными в два ряда 20 емкостями-хранилищами из нержавеющей стали. Эти сварные, цилиндрической формы, с плоским дном, одностенные емкости имели высоту 6 м, наружный диаметр 8 м, толщину стенок 13 мм и полный внутренний объем 300 м³. Каждая емкость располагалась в отдельном железобетонном каньоне диаметром 9 м, глубиной 7,4 м и толщиной боковых стенок 0,8-1,2 м. Сверху каждый каньон прикрывался круглой в плане железобетонной плитой толщиной 0,8 м и массой 160 т, поверх плиты сооружалась грунтовая насыпь толщиной 1-1,5 м [6].

Комплекс состоял из системы циркуляционного водяного охлаждения, вентиляции и контрольно-измерительных приборов. Контролировались уровни воды в емкости и охлаждающей воды в каньоне, а также температура отходов и воды.

Банка № 14 заполнялась отходами с 9 марта по 10 апреля 1957 г. Всего было залито 256 м³ отходов. Отходы содержали радионуклиды, представленные преимущественно средне- и долгоживущими продуктами деления (табл.1, здесь и далее количественное обозначение жидкостей дано в гектолитрах (гл)). По данным заключения о причинах аварии [7,8] и последующих исследований, взрыв был обусловлен техническими неисправностями и нарушением режима охлаждения емкостей, а также спровоцированными ими последующими физико-химическими процессами.

Таблица 1. – Состав отходов химического производства, находившиеся в банке №14, [6]

Состав отходов	Количество отходов, гл ⁻¹
NaNO ₃	200
K ₂ Cr ₂ O ₇	5
Fe(NO ₃) ₃	3
NaAc	60
Cr(NO ₃) ₃ ·CH ₂ O	3
Ca(NO ₃) ₂	0,8

Прослеживается следующая цепь явных и наиболее вероятных событий, предшествовавших взрыву:

1) неисправность приборов контроля температуры и уровня охлаждающей воды. Отсутствие надлежащего контроля работы автоматизированного оборудования и контрольно-измерительных приборов (КИП) со стороны эксплуатирующего персонала;

2) сокращение или прекращение подачи охлаждающей воды, вследствие этого значительное снижение и прекращение отвода радиационного избыточного тепла, выделявшегося в содержимом банки на уровне 70·10³ ккал ч⁻¹ [6];

3) повышение температуры содержимого банки, выпаривание воды из жидких солевых растворов вплоть до образования сухого остатка солей;

4) взрыв осадка; непосредственные факторы, инициировавшие взрыв сухого остатка, точно не известны.

Комиссия, расследовавшая причины аварии, констатировала неудовлетворительную эксплуатацию емкости № 14, нарушение технологического регламента обработки и хранения радиоактивных отходов в комплексе С-3, отсутствие контроля уровня отходов в емкостях и охлаждающей воды в каньонах, выход из строя контрольно-измерительных приборов еще в первые годы эксплуатации комплекса [7, 8].

В результате взрыва 160-тонная крышка каньона № 14 была сорвана и отброшена

на расстояние 20-25 м без заметных ее повреждений. Были сдвинуты на 0,5-1 м перекрытия соседних каньонов № 7 и 13. Разорванные листы корпуса емкостей были разбросаны на расстоянии до 150 метров. На месте взрыва образовалась воронка глубиной 9-10 м и диаметром около 20 метров. Полное разрушение остекления зданий наблюдалось на расстоянии до 1000 м от эпицентра взрыва. Взрыв банки № 14 привел к прекращению работы комплекса С-3 и осложнил работу не только радиохимического завода, но и всего предприятия.

Продукты взрыва были подняты в воздух и подверглись рассеянию в атмосфере и осаждению на землю в направлении перемещения образовавшегося облака (на ССВ). По современным оценкам [6] высота верхней кромки облака взрыва к моменту стабилизации его подъема могла составлять 1000-1100 м. Поднятые в воздух продукты взрыва были представлены фрагментами сооружений, почвой, пылью, крупнодисперсным аэрозолем, которые осели непосредственно вблизи места взрыва. Остальные продукты, образовавшие перемещаемое в воздухе облако, характеризовались полидисперсным аэрозолем. Были проведены оценки [9], основанные на характеристиках пространственного распределения осевшей на землю активности. В том числе, была учтена дисперсия распределения, характеристики метеорологических условий во время прохождения облака, и подбор математических моделей рассеяния, удовлетворяющих реальному пространственному распределению радиоактивного загрязнения территории. Можно допустить, что аэрозоль перемещаемого облака был, в основном, крупнодисперсным, с преимущественным гравитационным осаждением частиц. Они имели приведенный аэродинамический медианный (по массе) диаметр (АМД), равный 200-260 мкм. Этому АМД соответствует спектр дисперсности, в котором доля респирабельных частиц (<10 мкм) могла быть незначительной. По расчетам [9] доля активности респирабельного ^{90}Sr в радиоактивных выпадениях за пределами промышленной площадки предприятия составляла около 10^{-7} Бк/м³, такая же доля может быть отнесена и к другим радионуклидам, так как факт фракционирования не был доказан. Даже если эта оценка обладает малой точностью, то изменения в ее пределах одного-трех порядков величины не изменяет общего практического вывода о малой доле респирабельного аэрозоля.

По оценкам [10], в сферу взрыва было вовлечено около; 740 ПБк (20 МКи) β -активности продуктов деления, из которой около 90% выпали на промышленной площадке предприятия, а остальные 74 ПБк (2 МКи) осели в прилегающем регионе, обусловив радиоактивное загрязнение части территорий Челябинской, Свердловской и Тюменской областей. Эта загрязненная территория впоследствии получила название Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС).

В соответствии с данными [10], начальный радионуклидный состав радиоактивного загрязнения территории характеризовался (табл. 1) преобладанием ^{144}Ce и ^{95}Zr в сумме 91% всей (β -активности) и меньшим вкладом ^{90}Sr , ^{90}Y (5,4 %) и ^{106}Ru (3,7%). Отношение активности ^{137}Cs активности ^{90}Sr составляло 0,013; доля активности ^{89}Sr , ^{147}Pm , ^{155}Eu и изотопов Pu оценивалась как незначительная. Современные оценки (2010 г.), основаны на соотношениях суммарного запаса ^{90}Sr , ^{137}Cs и Pu в почвенном покрове наиболее загрязненной осевой части в голове Восточно-Уральского радиоактивного следа. Там не ощущается дополнительное влияние выпадений от ветрового переноса с берегов оз. Карачай в 1967 г. и кумулятивного загрязнения территории от выбросов предприятия в атмосферу. Таким образом, оценки дают несколько измененный начальный радионуклидный состав. В частности, установлено, что фактически доля активности ^{137}Cs в 10 раз больше, чем оценивали раньше, а доля активности Pu составляет 0,002 %.

Таблица 2. – Начальный радионуклидный состав аварийного выброса 1957 г. и начальный запас радионуклидов на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа (за пределами площадки предприятия)

Радионуклид	Оценки 1982 г. [5]		Современные оценки [1]	
	вклад в суммарную активность, %	запас, ПБк (кКи)	вклад в суммарную активность, %	запас, ПБк (кКи)
^{89}Sr	Следы	–	Следы	–
$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$	5,4	2,0 (54)	5,4	2,0 (54)
$^{95}\text{Zr} + ^{95}\text{Nb}$	24,9	18,4 (498)	24,8	18,4 (496)
$^{106}\text{Ru} + \text{Rh}$	3,7	2,7 (74)	3,7	2,7 (74)
^{137}Cs	0,036	0,027 (0,72)	0,35	0,26 (7,0)
$^{144}\text{Ce} + ^{144}\text{Pr}$	66,0	48,8 (1320)	65,8	48,7 (1316)
^{147}Pm	Следы	–	Следы	–
^{155}Eu	Следы	–	Следы	–
Pu	Следы	–	0,002	0,0014 (0,038)

Общая картина пространственного макрораспределения начальной плотности радиоактивного загрязнения территории Восточно-Уральского радиоактивного следа, оцениваемая по ^{90}Sr , приведена на рисунке 1 в виде карты радиоактивного загрязнения территории.

Это распределение характеризуется явно выраженной осью следа с максимальной плотностью загрязнения, которая плавно снижается по мере удаления от источника загрязнения и резко спадает в поперечном направлении по обе стороны от оси следа.

АВАРИЯ НА СИБИРСКОМ ХИМИЧЕСКОМ КОМБИНАТЕ 6 АПРЕЛЯ 1993 ГОДА

Сибирский химический комбинат (СХК) включает в себя производства ядерного топливного цикла. По своей целевой направленности он относится, в основном, к ядерному оружейному комплексу России.

СХК начал создаваться в 1949 г. Ввод в эксплуатацию первых заводов происходил в 1952-1955 гг. В августе 1953 г. была получена первая партия обогащенного урана, а 28 июня 1955 г. выпущена первая партия урана оружейной кондиции. В последующие годы было построено предприятие по производству плутония для военных целей. СХК представляет собой крупный комплекс производств по наработке плутония и урана. Площадь санитарно-защитной зоны СХК составляет 192 км² зоны наблюдения – 1560 км² [2].

Основным назначением радиохимического завода (РХЗ), введенного в эксплуатацию с 1961 г., является выделение плутония из облученных стандартных блоков урана, очистка урана и плутония от осколочных радионуклидов и стабильных примесей [2].

Принципиальная технологическая схема первого экстракционного цикла очистки основана на пурекс-процессе (PUREX - Plutonium Uranium Refining by Extraction) и приведена на рисунке 1 [11].

Облученные стандартные урановые блоки (ОСУБ) загружаются в реакторрастворитель и растворяются в концентрированной азотной кислоте.

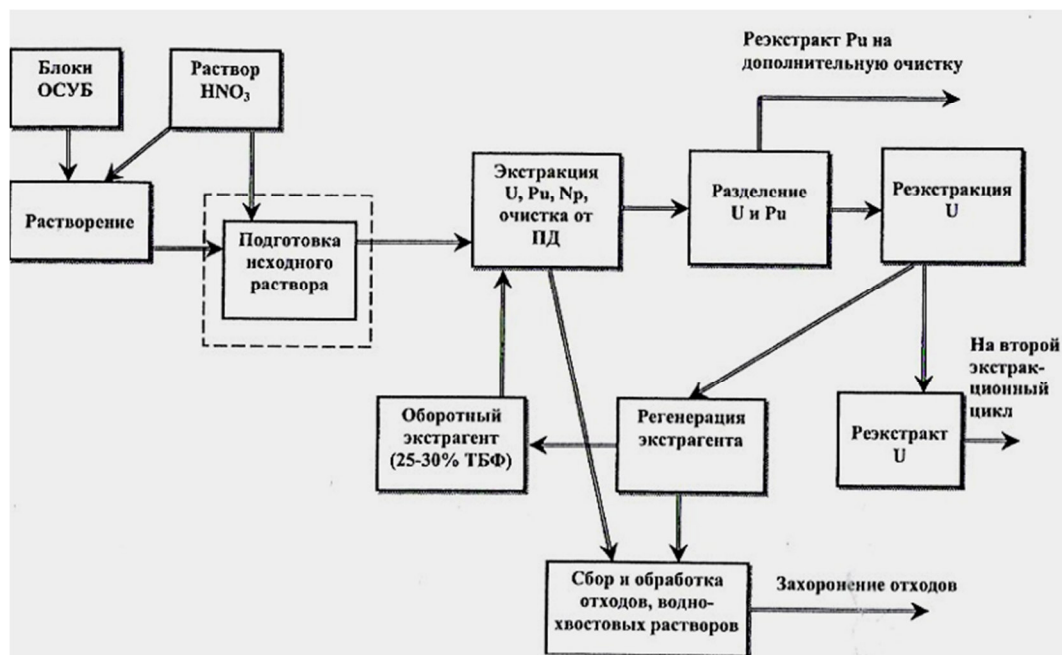


Рис. 1. – Технологическая схема первого экстракционного цикла РХЗ

Извлечение урана, плутония и нептуния из полученного азотнокислого раствора осуществляется экстракцией трибутилфосфатом (ТБФ) в легком углеводородном разбавителе РЖ-3.

Одним из недостатков ТБФ является его разложение под действием азотной кислоты и ионизирующего излучения с образованием дибутилфосфата (ДБФ), монобутилфосфата (МБФ) и фосфорной кислоты, которые снижают коэффициенты очистки, особенно от радиоактивных циркония и ниобия, и способствуют образованию коллоидных взвесей и осадков на границе раздела фаз.

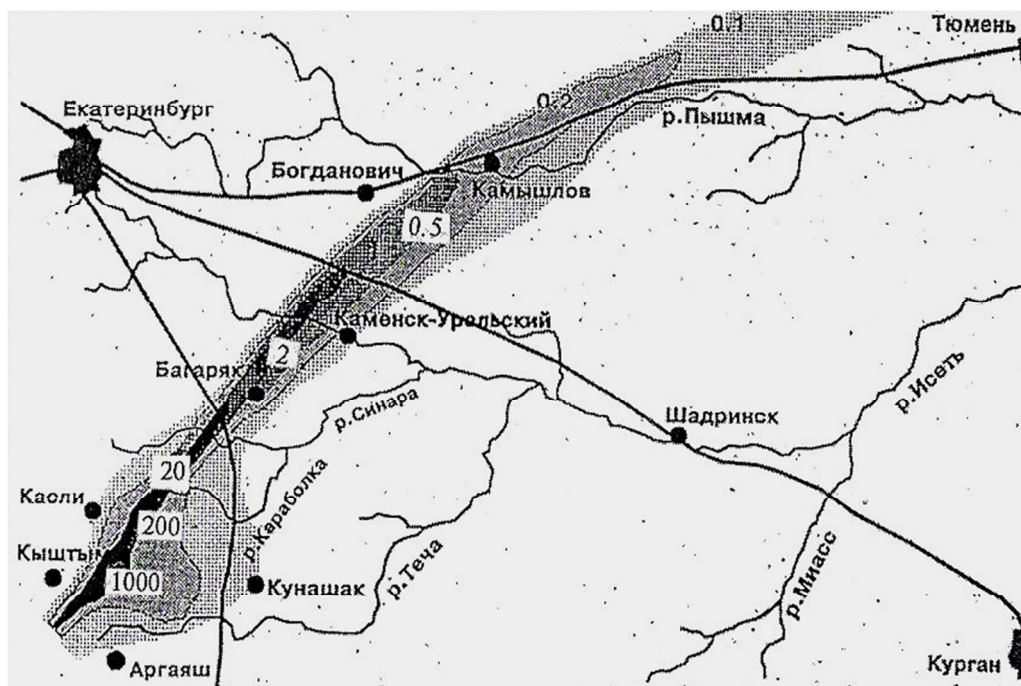


Рис. 2. – Карта-схема Восточно-Уральского радиоактивного следа. Числами обозначены изолинии начальной плотности загрязнения территории ^{90}Sr , Ки/км² (1 Ки/км² = 37 кБк/м²) [1]

Для очистки от накапливающихся продуктов гидролиза и радиолитического экстрагента после каждого оборота должен проходить содово-щелочную промывку.

При длительной эксплуатации в органической фазе постепенно накапливаются вторичные продукты распада не только ТБФ, но и углеводородного разбавителя, которые не вымываются растворами соды и щелочи и снижают коэффициент очистки урана и плутония от радиоактивных продуктов деления, особенно рутения. В связи с этим органический раствор время от времени выводится из процесса и подлежит глубокой регенерации либо захоронению [2].

6 апреля 1993 г. в 12 ч 58 мин по местному времени на РХЗ в здании 201 цеха №1 произошло взрывное разрушение одного из аппаратов первого цикла по экстракции урана и плутония.

Аппарат АД-6102/2, на котором произошла авария, был предназначен для подготовки исходного продукта к проведению процесса экстракции. Аппарат представляет собой стальную емкость общим объемом $34,15 \text{ м}^3$, диаметром 2,8 м, высотой 6,3 м, толщиной оболочки 14 мм. Он размещался в каньоне диаметром 4 м и глубиной 7,7 м, стенки которого облицованы нержавеющей сталью и окружены бетонной защитой толщиной 1,2 м (рис. 3) [2].

Согласно технологическому регламенту основные требования к безопасному проведению процессов заполнения и подготовки растворов в аппарате АД-6102/2 предусматривали, кроме общих требований безопасности, следующие мероприятия:

- подготовку исходного раствора регламентной концентрации по азотной кислоте, ($90,0 \text{ гл}^{-1}$);
- контроль над накоплением органики в отстойниках водных растворов;
- перемешивание раствора сжатым воздухом с расходом $50 \text{ м}^3/\text{ч}$ для выравнивания концентрации азотной кислоты и температуры ($40\text{--}45^\circ\text{C}$) по всему объему;
- постоянный барботаж воздуха с расходом не менее $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ для разбавления газообразных продуктов;
- периодическое полное освобождение аппарата для удаления накопленной органики.

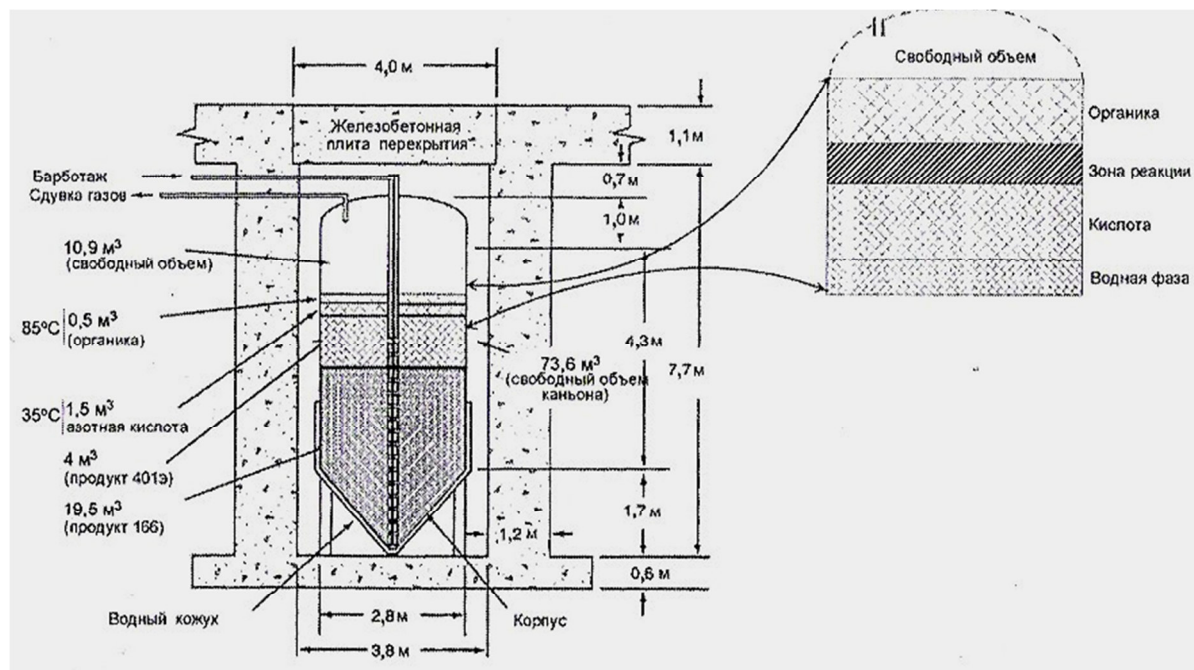


Рис. 3. – Схема аппарата АД-6102/2 и структура коллоидной дисперсии к моменту аварии

Последнее полное освобождение аппарата было проведено 1 апреля 1993 г. [12]. Общее количество продуктов, прошедших подготовку в аппарате за период с 1 по 6 апреля, составило 115 м³. В день разрушения аппарата в нем находились остатки продукта 401э (азотнокислотный раствор от резэкстракции плутония, урана и нептуния после экстракционной переработки высокоактивных продуктов, см. табл. 3) объемом 4 м³. К нему были добавлены две порции продукта 166 (упаренный азотнокислотный концентрат урана после экстракционной переработки на первом цикле) общим объемом 19,5 м³: первая порция (12 м³) – в 5 ч 30 минут. Вторая порция (7,5 м³) – в 9 ч 30 мин и порция концентрированной азотной кислоты объемом 1,5 м³ – 10 ч 30 мин. Все операции производились в автоматическом режиме при помощи устройств КИП и автоматизированных механизмов.

В аппарате находилось 449 г плутония и 8757 кг урана, что соответствовало активности плутония 10¹² Бк и урана – 1,1·10¹¹ Бк, а также β-γ-излучающие радионуклиды суммарной активностью 1,2·10¹⁴ Бк (табл. 3). Послеаварийный анализ показаний приборов контроля свидетельствовал об отсутствии перемешивания или о барботаже, недостаточном для перемешивания раствора в полном объеме по причине отказа устройств автоматики. Расследование данного обстоятельства не проведено по сей день. По показаниям датчика давления в 12 часов в аппарате АД-6102/2 начался рост давления.

Таблица 3. – Структура раствора в АД-6102/2 [12]

Тип продукта	Объем, м ³	Концентрация гл ⁻¹					Суммарная* объемная активность β-γ-излучающих радионуклидов, Бк/л
		Pu	U	HN0 ₃	Th	Np	
401э (см.стр.10)	4	0,0166	37,4	94,5	0,0355	0,062	2,8·10 ¹⁰
166	12,0	0,0196	441,1	30			2,5·10 ⁸
HNO ₃	1,5			896			
* согласно первичной рабочей документации в аппарате находилось 2·10 ²³ Бк β-излучающих радионуклидов по результатам контроля методом бета-радиометрии с калибровочным препаратом ⁹⁰ Sr + ⁹⁰ Y. В таблице дана оценка суммарной активности с учетом перекалибровки для реальной смеси радионуклидов							

В период с 12 ч 40 мин до 13 ч 00 мин проводилась сдача и принятие смены другой бригадой. Примерно в 12 ч 50 мин операторы сообщили дежурному инженеру-технологу, что в аппарате АД-6102/2 поднимается давление. После проверки было отмечено, что давление достигло 2,0 атм. и продолжало увеличиваться. Инженер-технолог отдал распоряжение сбросить давление через смежные аппараты по технологическим линиям, но эта операция не дала заметного результата [2].

К 12 ч 55 мин давление внутри аппарата возросло до 5,0 атм. и продолжало повышаться. В 12 ч 58 мин произошло его разрушение, а через несколько секунд последовал взрыв, который сопровождался пламенем, замеченным над крышей здания.

Очаги пожара на крыше и в аппаратном зале были ликвидированы в течение 10 мин, прибывшей к месту аварии через 1-2 мин после разрушения аппарата пожарной командой. Визуальный осмотр вблизи места происшествия (доступ непосредственно к каньону был невозможен из-за аварийного состояния перекрытий потолка аппаратного зала и повышенной активности) показал, что, во-первых, были сдвинуты плиты перекрытия каньона; во-вторых, частично разрушено потолочное перекрытие аппаратного зала непосредственно над местом расположения каньона; в-третьих, произошло обгорание и пузырение краски стен аппаратного зала, свидетельствующие о том, что в нескольких метрах от места расположения аппарата имел место объемный взрыв парогазовой смеси. Кроме этого были разрушены подводящие коммуникации и

электроарматура приборов и освещения, разрушена система отопления, выбиты шлакоблоки и оконные проемы в нескольких местах аппаратного зала, в том числе, и в противоположном от места взрыва конце аппаратного зала [2].

Основными причинами разрушения аппарата были признаны следующие обстоятельства:

- накопление в аппарате в период с 1 по 6 апреля 1993 г. органики в объеме около 150 л;

- грубое нарушение оператором технического регламента: содержимое аппарата не перемешивалось перед добавлением азотной кислоты и в течение последующих двух часов; проходное сечение сдувки было уменьшено;

- наличие в аппарате деградированного растворителя (в результате его радиолитического и химического разложения) с большим содержанием циклических парафинов, которое привело к накоплению химических соединений, более активно реагирующих с азотной кислотой;

- температура в верхней части аппарата была существенно выше чем в нижней – необратимый характер реакции был бы невозможен при температуре ниже 70°C , как это предусмотрено технологией.

Все эти обстоятельства способствовали развитию неуправляемой экзотермической реакции окисления и нитрования органики азотной кислотой [2].

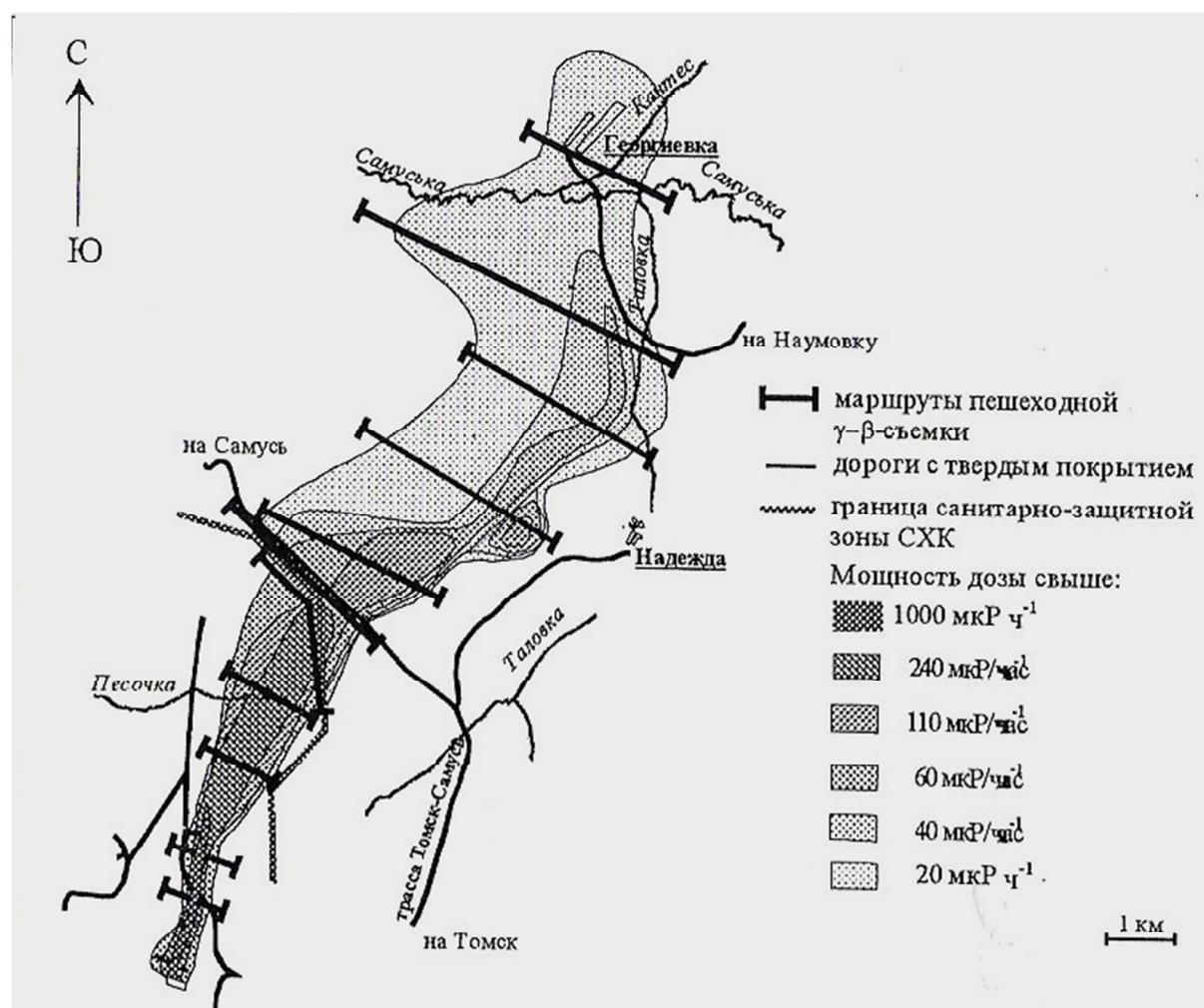


Рис. 4. – Изолинии мощности дозы-излучения на следе (по состоянию на 13.05.1993 г.) [1]

Радиоактивный след от аварийного выброса формировался при устойчивом юго-западном ветре ($190-210^\circ$) со скоростью 8-13 м/с. Выпадения радиоактивных веществ происходили на устойчивый снеговой покров, достигавший местами метровой толщины, который полностью сошел к середине мая. Схема радиоактивного следа, полученная по данным наземной радиационной разведки вдоль профильных маршрутов, приведена на рисунке 4. Видно, что след протянулся в северо-восточном направлении от СХК; на расстоянии около 7 км он заметно отклонился к востоку, а перед деревней Георгиевка – к северу. Юго-западнее населенного пункта Надежда и к северу от Георгиевки образовалось два “пятна” площадью примерно 1 км^2 с повышенными уровнями МЭД – более 1 и 0,5 мкЗв/ч соответственно. На остальной территории следа имелись локальные пятна площадью 100-150 м^2 с МЭД и плотностью потока β -частиц в 5-7 раз выше средних значений.

Особенностью загрязнения территории являлась ее неоднородность даже на небольших площадях (менее 1 м^2), что связано с наличием “горячих” частиц активностью до 105 Бк. Например, вблизи деревни Георгиевка плотность таких частиц оценивалась равной 400 м^2 [13]. Результаты раздельного спектрометрического анализа взвешенной и растворимой фракций в пробах снега показали, что около 90% активных веществ находилось во взвеси [13, 14].

В поперечных сечениях следа на расстояниях 3,5-7 км отчетливо прослеживались два максимума в распределении МЭД и плотности загрязнения радионуклидами (рис. 5). Это объясняется наложением двух следов, образованных от выпадений из двух источников с высотой подъема радиоактивного облака 30 и 150 м при различных направлениях ветра в приземном слое воздуха (азимут 190°) и на высоте 100-200 м (азимут 210°).

За полгода, прошедших с момента аварии, на территории радиоактивного следа различными организациями и службами было отобрано и проанализировано на содержание радионуклидов свыше 300 проб почвы и снега. Было установлено, что относительный нуклидный состав практически не изменялся с расстоянием, за исключением ^{239}Pu (относительный вклад ^{239}Pu до 2 раз увеличивался с приближением к источнику выброса). Обобщенные сведения по площади радиоактивного загрязнения вне территории СХК и радионуклидному составу выпадений в пределах следа приведены в таблицах 4 и 5 [2].

Таблица 4. – Площадь радиоактивного загрязнения на различное время после аварии [14]

Диапазон МЭД, мкЗв ⁻¹ *	Площадь, км ²				
	6.04.1993 г.	13.05.1993 г.**	15.07.1993 г.	12.10.1993 г.	18.05.1994 г.
Свыше 0,2*	43,4	33,0	28,5	13,1	–
От 0,2 до 0,4	21,0	23,0	20,0	10,7	Отсутствует
От 0,4 до 0,6	10,5	5,0	6,3	2,2	То же **
От 0,6 до 1,1	7,4	3,0	1,6	0,2	То же
Свыше 1,1	4,5	2,0	0,6	Отсутствует	То же
* Начальная площадь радиоактивного следа по съемке Росгидромета, ограниченная изолинией 0,15 мЗв ч ⁻¹ , была равна 89 км ² .					
** Расчетная оценка по результатам съемки 13.05.1993 г.					

Следует подчеркнуть, что внешняя граница радиоактивного следа 20 была установлена, исключительно исходя из требования достоверного выделения загрязненной территории (в сравнении с естественным фоном 0,06-0,15 мкЗв/ч по данным метеостанции Томской области). Значение дозы γ -излучения на открытой местности за первый год на этой внешней границе составляло 0,2 мГр (за вычетом

естественного радиационного фона). Это соответствует эффективной дозе, существенно меньшей, чем рекомендуемые отечественные и международные критерии вмешательства при радиационных авариях [15, 16]. На рисунке 4 видно, что изолиния 2,4 мкЗв/ч (на 13 мая 1993 г.), которая примерно соответствует изолинии годовой мощности дозы на открытой местности 5 мЗв/год, полностью находится внутри санитарно-защитной зоны СХК. Тем не менее, при планировании мер радиационной защиты населения и фактически вся территория следа вне охранной зоны. СХК рассматривалась как объект аварийного вмешательства.

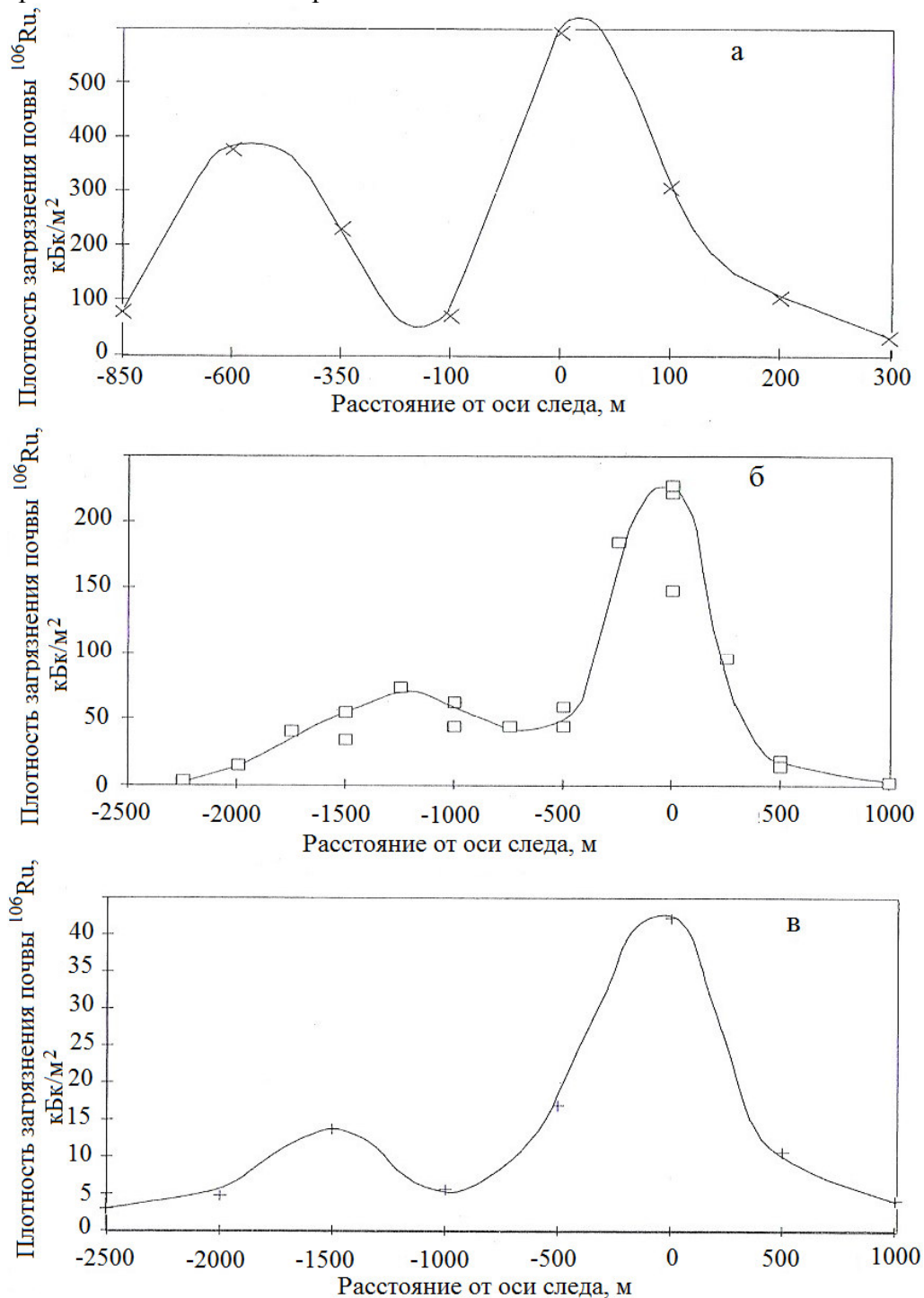


Рис. 5. – Плотность загрязнения почвы ^{106}Ru , в поперечных сечениях следа на расстояниях 4,5 км (а), 7,0 км (б) и 12,0 км (в) от РХЗ (на 6.04.1993г.) [2]

Рассмотренные аварии произошли, главным образом, по причине несовершенства технологической базы, недостаточной проработки технических проектов и, возможно, за счет человеческого фактора.

Таблица 5. – Относительный нуклидный состав выпадений на следе аварийного выброса на 6.04.1993г. [17]

Радионуклид	⁹⁵ Zr	⁹⁵ Nb	¹⁰³ Ru	¹⁰⁶ Ru	¹²⁵ Sb	¹⁴¹ Ce	¹⁴⁴ Ce	²³⁹ Pu
Относительный радионуклидный состав выпадений, %	20,4	44,0	1,4	31,4	0,4	1,5	0,9	0,01

В отчетах комиссий, исследовавших причины аварий «вскользь» упоминается о неисправностях узлов автоматики и контрольно-измерительного оборудования. [2, 6, 8]. На этом факте практически не акцентируется внимание, однако, именно это оборудование играет ключевую роль при выполнении большинства технологических операций. Соответственно, отказ такого оборудования (АСУ ТП) ведет за собой сбой всего технологического процесса. На основе отчетов комиссий по расследованию аварий, из анализа событий, которые привели к аварии, можно полагать о том, что это являлось одной из ключевых причин аварии на СХК. На сегодняшний день дополнительных исследований в этой области сделано не было, поэтому полное представление о причинах произошедших катастроф остается недоступным.

Спустя несколько десятилетий после аварий, подобные объекты продолжают эксплуатироваться при тех же условиях на аналогичном оборудовании, т.е. без существенной его модернизации, что вызывает риск возникновения новых аварий подобного рода. Более того, все чаще сообщают СМИ о планах стран СНГ (такие страны как Украина, Казахстан, Таджикистан, Белоруссия, РФ) [18–24] создавать новые объекты по аналогичным проектам, по причине экономии бюджетных средств. Однако, в случае повторения подобных аварий, ликвидация их последствий несет еще большие моральные и материальные затраты, чем строительство подобных объектов по более совершенным технологиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Защита окружающей среды при эксплуатации и выводе из эксплуатации радиационно-опасных объектов [Текст] / И.П. Коренков, Н.К. Шандала, Т.Н. Лашенкова, А.И. Соболев; Под ред. И.П. Коренкова, К.В. Котейко. – М.: Издательство БИНОМ, 2014. – 440 с.: ил.
2. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры [Текст] / Р.М. Алексахин, Л.А. Булдаков, В.А. Губанов [и др.]; Под ред. Л. А. Ильина, В. А. Губанова : монография. – М. : Издат, 2001. – 751 с. : ил., табл.; 25 см.
3. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7 – ФЗ «Об охране окружающей среды» [Текст].
4. Постановление правительства РФ от 19.10.2012 «О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов» [Текст].
5. Агапов, А.М. Отходы МинАтома [Текст] / А.М. Агапов // Барьер безопасности. – 2003. – С. 44–48.
6. Авария 1957. Оценка параметров взрыва и анализ характеристик радиоактивного загрязнения территории [Текст] / М.И. Авраменко, А.Н. Аверин, Б.Г. Лобойко и др. // Вопросы радиационной безопасности. – 1997. – №3 – С. 18–29.
7. Приказ по МСМ от 11.10.57 о расследовании причин взрыва на комбинате 817 [Текст] // Архив ПО «Маяк». Ф. 1. Оп. 28. Д. 1.
8. Акт комиссии МСМ от 25.11.57 о расследовании причин взрыва на объекте 25 [Текст] // Архив ПО «Маяк». Ф. 1. Оп. 30. Д. 75.
9. Расчетное моделирование формирования Восточно-Уральского радиоактивного следа: Отчет о НИР [Текст] / Науч. рук. М.Н. Авраменко. – РФЯЦ–ВНИИТФ, 1998.

10. Изучение радиозологических, радиационно-гигиенических и социально-хозяйственных последствий массированного радиоактивного загрязнения больших площадей (1958–1984 гг.). Том III. Радиационная обстановка и динамика поведения радионуклидов в окружающей среде: Отчет о НИР [Текст] / Науч. рук. И.А. Терновский, Е.Н. Теверовский // Фонд ПО “Маяк”. Инв. №ОН–2165. 1984.
11. Атомная наука и техника в СССР [Текст]. – М.: Атомиздат, 1977.
12. Акт Межведомственной комиссии по расследованию причин и разработки мероприятий по ликвидации последствий аварии на радиохимическом заводе Сибирского химического комбината (№02-07/ 329 от 14.04.93. Утв. Министром МАЭ РФ В.Н. Михайловым) [Текст].
13. Анализ и прогноз радиационной обстановки в районе аварии на Сибирском химическом комбинате [Текст] / В.А. Питкевич, В.М. Шершаков, В.В. Дуба // Радиация и риск. – 1993. – Вып. 3. – Приложение 2. – С. 3–48.
14. Инцидент на Сибирском химическом комбинате в 1993 г. (Томск-7): причины, последствия и контрмеры [Текст] / Л.А. Ильин, О.А. Кочетков, М.Н. Савкин и др. // МАГАТЭ, TECDOC 7955/RB. – Вена, 1995.
15. ICRP Publication 60. Recommendations of International Commission on Radiological Protection // Ann. ICRP. Vol. 21. №1-3. Pergamon Press, Oxford, UK, 1991.
16. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) СП-2.6.1.758-99 [Текст]. – М.: Минздрав России, 1999.
17. Савкин, М.Н. и др. Анализ радиационной обстановки на следе аварийного выброса радиохимического завода Сибирского химического комбината [Текст] / М.Н. Савкин, А.В. Титов // Медицина катастроф. – 1995. – №1–2. – С. 76–84.
18. В зоне отчуждения Чернобыльской АЭС началось строительство хранилища отработанного ядерного топлива [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.1tv.ru/news/techno/266489> – 10.04.2015.
19. Украина может начать закупать ядерное топливо для АЭС у США [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.1tv.ru/news/techno/274981> – 10.04.2015.
20. Новое временное хранилище радиоактивных отходов построят близ Казани [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: http://www.bellona.ru/articles_ru/articles_2014/Kazan-RAO-OVOS – 10.04.2015.
21. Сооружение 103 [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: http://www.radon.ru/line_activity/rao/storage/ – 10.04.2015.
22. Строительство хранилища радиоактивных отходов в Ростовской области начнется в 2015 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.atomic-energy.ru/news/2014/10/20/52344> – 10.04.2015.
23. Строительство хранилища радиоактивных отходов в Ростовской области начнется в 2015 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: http://rostov.rbc.ru/rostov_topnews/16/10/2014/953372.shtml – 10.04.2015.
24. ЕС даст Душанбе денег на урановые могильники [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: http://www.bbc.com/russian/international/2012/12/121218_tajikistan_uranium – 10.04.2015.

REFERENCES

- [1] Korenkov I.P., Shandala N.K., Lashhenkova T.N., Sobolev A.I. Zashhita okruzhayushhej sredy pri ekspluatatsii i vyvode iz ekspluatatsii radiacionno-opasnyh obektov [Environment protection at operation and a conclusion from operation of radiation-hazardous objects] / Pod red. I.P. Korenkova, K.V. Kotejko [Edited by I.P. Korenkova, K.V. Kotejko]. M. Pub. Izdatelstvo BINOM [Publishing house BINOM], 2014, ISBN 978-5-9518-0586-7, 440 p. (in Russian)
- [2] Krupnye radiacionnye avarii: posledstviya i zashhitnye mery [Major radiation accidents: consequences and protective measures] / Aleksaxin R.M., Buldakov L.A., Gubanov V.A. etc.; Pod red. L.A. Ilina, V.A. Gubanov [Edited by L. A. Ilyin, V. A. Gubanov], Monographia [monograph]. M. Pub. Izdat [Publish], 2001, ISBN 5-86656-113-1, 751 p. (in Russian)
- [3] Federalnyj zakon ot 10 yanvarya 2002 g. №7 – FZ «Ob ohrane okruzhayushhej sredy» [The federal law of January 10, 2002 №. 7 – Federal Law "About Environmental Protection"]. (in Russian)
- [4] Postanovlenie pravitelstva RF ot 19.10.2012 «O kriteriyah otneseniya tverdyh, zhidkih i gazoobraznyh othodov» [The resolution of the Government of the Russian Federation of 19.10.2012 "About criteria of reference of solid, liquid and gaseous waste"]. (in Russian)
- [5] Agapov A.M. Othody MinAtoma [Waste of Ministry of Atomic Energy]. Barjer bezopasnosti [Safety barrier], 2003, p. 44–48. (in Russian)

- [6] Avramenko M.I. , Averin A.N., Lobjko B.G. etc. Avariya 1957. Ocenka parametrov vzryva i analiz karakteristik radioaktivnogo zagryazneniya territorii [Accident 1957. Assessment of parameters of explosion and analysis of characteristics of radioactive pollution of the territory. Voprosy radiacionnoj bezopasnosti [Questions of radiation safety], 1997, №3, C. 18–29. (in Russian)
- [7] Prikaz po Ministerstvu srednego mashinostroeniya ot 11.10.57 o rassledovanii prichin vzryva na kombinat 817 [The order on MCM of 11.10.57 about investigation of causes of explosions at combine 81]. Arhiv proizvodstvenogo objedineniya «Mayak» [Mayak production association archive], Fond [Fund] 1, Opis [Inventory list] 28, Delo [Matter] 1. (in Russian)
- [8] Akt komissii Ministerstva srednego mashinostroeniya ot 25.11.57 o rassledovanii prichin vzryva na objekte 25 [The act of the commission of MCM of 25.11.57 about investigation of causes of explosions on object 25]. Arhiv proizvodstvenogo objedineniya «Mayak» [Mayak production association archive], Fond [Fund] 1, Opis [Inventory list] 30, Delo [Matter] 75. (in Russian)
- [9] Raschetnoe modelirovanie formirovaniya Vostochno-Uralskogo radioaktivnogo sleda: Otchet o NIR [Settlement modeling of formation of the East Ural radioactive trace: Report on NIR] / Nauchnyj rukovoditel M.N. Avramenko [Research supervisor M. N. Avramenko]. RFYaC–VNIITF [Russian Federal Nuclear Center – VNIITF], 1998. (in Russian)
- [10] Izuchenie radioekologicheskikh, radiacionno-gigienicheskikh i socialno-hozyajstvennykh posledstvij massirovannogo radioaktivnogo zagryazneniya bolshix ploshhadej (1958–1984 gg.) [Studying of radio ecological, radiation and hygienic and socioeconomic consequences of massive radioactive pollution of big squares (1958–1984)]. Vol. III. Radiacionnaya obstanovka i dinamika povedeniya radionuklidov v okruzhayushhej srede: Otchet o NIR [Volume III. A radiation situation and dynamics of behavior of radionuclides in environment: Report on NIR] / Nauchnye rukovoditeli I.A. Ternovskij, E.N. Teverovskij [Research supervisors I.A. Ternovsky, E.N. Teverovsky]. Fond proizvodstvenogo objedineniya «Mayak» [Fund Mayak production association], Inventarnyi nomer OH–2165, 1984. (in Russian)
- [11] Atomnaya nauka i tehnika v SSSR [Nuclear science and equipment in the USSR]. M. Pub. Atomizdat [Atomizdat], 1977. (in Russian)
- [12] Akt Mezhdvedomstvennoj komissii po rassledovaniyu prichin i razrabotki meropriyatij po likvidacii posledstvij avarii na radioximicheskom zavode Sibirskogo ximicheskogo kombinata (№02-07/ 329 ot 14.04.93. Uтвержденный Министром министерства атомной энергетики РФ В.Н. Михайловым) [The act of the Interdepartmental commission on investigation of the reasons and development of actions for elimination of consequences of accident at radiochemical plant of Siberian Chemical Plant (No. 02-07/329 of 14.04.93. УТВ. Minister of MAHE of the Russian Federation V. N. Mikhaylov)]. (in Russian)
- [13] Pitkevich V.A., Shershakov V.M., Duba V.V. Analiz i prognoz radiacionnoj obstanovki v rajone avarii na Sibirskom ximicheskom kombinat [The analysis and the forecast of a radiation situation around accident on Siberian Chemical Plant]. Radiaciya i risk, 1993, Vypusk [Radiation and risk]. 3, Prilozhenie 2 [Appendix 2], ISSN 0131-3878, p. 3–48. (in Russian)
- [14] Iljin L.A., Kochetkov O.A., Savkin M.N. etc. Incident na Sibirskom himicheskom kombinat v 1993 g. (Tomsk-7): prichiny, posledstviya i kontrmery [Incident on Siberian Chemical Plant in 1993 (Tomsk-7): reasons, consequences and counter-measures]. Wien. Pub. IAEA, TECDOC 7955/RB, 1995. (in English)
- [15] ICRP Publication 60. Recommendations of International Commission on Radiological Protection // Ann. ICRP. Vol. 21. №1-3. Pergamon Press, Oxford, UK, 1991. (in English)
- [16] Normy radiacionnoj bezopasnosti (NRB-99) SP-2.6.1.758-99 [Standards of radiation safety (NRB-99) SP-2.6.1.758-99]. M. Pub. Minzdrav Rossii [Russian Ministry of Health], 1999. (in Russian)
- [17] Savkin M.N., Titov A.V. Analiz radiacionnoj obstanovki na slede avariynogo vybroza radiohimicheskogo zavoda Sibirskogo himicheskogo kombinata [The analysis of a radiation situation on a trace of emergency emission of radiochemical plant of Siberian Chemical Plant]. Medicina katastrof Medicine of accidents, [Medicine of accidents] 1995, №1–2, ISSN 2070-1004, p. 76–84. (in Russian)
- [18] V zone otchuzhdeniya Chernobylskoj AES nachalos stroitelstvo hranilishha otrabotannogo yadernogo topliva [In an exclusion zone of the Chernobyl NPP construction of storage of the fulfilled nuclear fuel began]. Available at: <http://www.1tv.ru/news/techno/266489> (in Russian)
- [19] Ukraina mozhет nachat zakupat yadernoe toplivo dlya AES u SShA [Ukraine can start buying nuclear fuel for the NPP from the USA]. Available at: <http://www.1tv.ru/news/techno/274981> (in Russian)
- [20] Novoe vremennoe hranilishhe radioaktivnyh othodov postroyat bliz Kazani [The new temporary storage of radioactive waste will be constructed near Kazan]. Available at: http://www.bellona.ru/articles_ru/articles_2014/Kazan-RAO-OVOS (in Russian)

- [21] Sooruzhenie 103 [Construction 103]. Available at: http://www.radon.ru/line_activity/rao/storage/ (in Russian)
- [22] Stroitelstvo hranilishha radioaktivnyh othodov v Rostovskoj oblasti nachnetsya v 2015 g. [Construction of storage of radioactive waste in the Rostov region will begin in 2015.]. Available at: <http://www.atomic-energy.ru/news/2014/10/20/52344> (in Russian)
- [23] Stroitelstvo xranilishha radioaktivnyh othodov v Rostovskoj oblasti nachnetsya v 2015 g. [Construction of storage of radioactive waste in the Rostov region will begin in 2015.]. Available at: http://rostov.rbc.ru/rostov_topnews/16/10/2014/953372.shtml (in Russian)
- [24] ES dast Dushanbe deneg na uranovye mogilniki [The EU will give Dushanbe money for uranium burial grounds]. Available at: http://www.bbc.com/russian/international/2012/12/121218_tajikistan_uranium (in Russian)

Damage Assessment of Environmental Radioactive Contamination at Nuclear Facilities during Radiation Accident

I.A. Starodubtcev *, A.P. Elokhin **

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

* e-mail: 81-720@mail.ru ; ** e-mail: elokhin@yandex.ru

Abstract – In article the problem of safe operation of the existing radiation-hazardous waste storages, new storages constructions in the CIS territory is considered.

A brief classification of the existing radioactive waste is given. The review of a complex of the reasons of the largest radiation accidents at nuclear facilities is carried out from the point of view of technical faults of the serving automatic devices of automatic equipment.

The short characteristic of the radioactive materials released into the atmosphere as a result of radiation accidents, features of radioactive pollution of adjacent territories, the dosimetric analysis of the district is provided.

Keywords: radiation-hazardous objects, radiation-hazardous waste, nuclear safety, radiation safety, radiation accident, environmental damage.

**ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

УДК 621.762

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ
РЕКОНСТРУКЦИИ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ЦЕЛЮ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РЫБОЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ**

© 2015 г. В.Г. Ткачев, Л.В. Постой

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

Практический интерес к данной научной работе заключается в разработанных рекомендациях по проектированию и эксплуатации гидравлического промывного устройства и методике расчета геометрических размеров зоны очистки фильтрующего полотна. Результаты исследований, могут представлять интерес при реконструкции рыбозащитных сооружений на различных водозаборах.

Ключевые слова: гидромелиорация, биоценоз, рыбозащитные устройства, водовоздушная установка, струйные промывные устройства.

Поступила в редакцию 28.05.2015

Современный подход к использованию природных ресурсов, отраженный в Конституции РФ, также Федеральном законе от 20.12.2004 №166-ФЗ (ред. от 02.05.2015) «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов», Федеральном законе от 10.01.2002 №7-ФЗ (ред. от 24.11.2014, с изм. от 29.12.2014) «Об охране окружающей среды» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2015) (ст. 3), Федеральном законе от 24.04.1995 № 52-ФЗ (ред. от 07.05.2013) «О животном мире» (ст. 22) и других законодательных документах РФ, предусматривает комплексное обеспечение всех связанных с ними направлений развития народного хозяйства и охрану окружающей среды. При обеспечении запросов и интересов таких водохозяйственных комплексов, как гидромелиорация, гидроэнергетика, водный транспорт, рыбное хозяйство и др. самым зависимым является биоценоз, составной частью которого является ихтиофауна.

Активная хозяйственная деятельность неразрывно связана с увеличением водопотребления. Значительное количество воды забирается из рек и озер, имеющих рыбохозяйственное значение, в том числе из Волги, Дона, Кубани, Терека и др., в которых обитают ценные промысловые виды рыб. Как показывают прогнозы, в ближайшее время объемы водопотребления будут только расти, в этой связи особенно актуальной является проблема защиты рыбы от попадания в водозаборы. Таким образом, строительство и эксплуатация водозаборов без рыбозащитных сооружений не допускается. Нормы и правила проектирования и строительства рыбоохранных сооружений регулируются СП 101.13330.2012 Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.07-87.

Разработка рыбоохранных мероприятий при проектировании водозаборов является обязательным условием СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*. При проектировании и эксплуатации водозаборных сооружений приходится учитывать два основных аспекта:

экологический (предупреждение попадания рыб в водозаборы) и технический (очистка речной воды, содержащей растения, мусор и другие механические включения).

В последнее время предпочтение отдается специальным механическим способам рыбозащиты, к числу которых относятся сетные установки различных типов. Применение их в составе водозаборных сооружений может гарантировать эффективную защиту рыб. Существует несколько заслуживающих внимания видов конструкций рыбозащитных сетных установок. Особый интерес представляют рыбозащитные устройства (РЗУ) с гидравлической очисткой фильтрующих полотен.

Независимо от конструктивного исполнения сетчатое рыбозащитное устройство обеспечивает достаточно надежную и эффективную рыбозащиту, если геометрические параметры фильтрующего полотна и скорость течения вблизи его являются оптимальными (удовлетворяющими экологическим требованиям) и имеется возможность организации мусоро-рыбоотвода (эколого-технический аспект). Наиболее эффективными являются рыбозащитные устройства с гидравлической очисткой фильтрующих (сетных) полотен в составе с мусоро-рыбоотводящим трактом. Такие сооружения по пропускной способности охватывают весь диапазон расходов воды, в котором работают водозаборы в настоящее время.

Одним из основных элементов сетных рыбозащитных сооружений, обеспечивающих бесперебойную и нормальную работу, является промывное устройство. К настоящему времени разработан ряд различных конструкций промывных устройств, основным элементом которых является водоструйная или водовоздушная установка, подающая систему струй из отверстий на поверхность сетчатого полотна. Имеются достаточно глубоко разработанные основы их проектирования и эксплуатации (Цыпляев А.С., Ефремкина Л.В., Волошков В.М. и др.). Однако задача оптимизации промывных устройств РЗУ с целью улучшения их эколого-технических качеств остается по-прежнему актуальной.

В общей постановке промывное устройство РЗУ должно обеспечивать очистку поверхности фильтрующего полотна от мусора и отведение биологического объекта, в данном случае рыб, на безопасное расстояние. Очевидно, что для безопасного снятия малька с поверхности фильтрующего полотна требуется значительно меньше энергии, чем для очистки полотна от мусора. Помимо этого использование тканых или сетных полотен в качестве рыбозаграждающего элемента, в совокупности с нарушением на практике технологических требований эксплуатации РЗУ, способствует постепенному «зарастанию» фильтрующих полотен. Для очистки их требуется количество энергии, превосходящее по значению безопасный (для рыбы) уровень. Прогрессивным решением проблемы очистки фильтрующих полотен РЗУ струйными промывными устройствами является комплексный подход, включающий в себя следующие основные этапы:

- выбор способа очистки поверхности фильтрующих полотен;
- разработка конструкции промывного устройства;
- оптимизация параметров промывного устройства;
- разработка эффективных конструкций фильтрующих полотен;
- оптимизация технологической схемы эксплуатации РЗУ.

Целью исследования является выбор наиболее эффективного способа гидравлической очистки фильтрующих полотен РЗУ, обоснование выбора и реализация на его основе конструкции промывного устройства; а также разработка рекомендаций по проектированию и эксплуатации устройства.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- обосновать способы промывки фильтрующих полотен РЗУ скользящими гидравлическими (водяными) струями;

- проанализировать методы расчета скользящих гидравлических струй;
- разработать конструкции гидравлического промывного устройства;
- провести экспериментальные исследования скользящей турбулентной струи;
- разработать методы гидравлического расчета параметров скользящей водной турбулентной струи;
- выработать рекомендации по проектированию и эксплуатации гидравлического промывного устройства.

Для этого необходимо детально разработать способ и конструкцию гидравлического промывного устройства для очистки фильтрующих полотен рыбозащитных устройств скользящими струями; провести гидравлические испытания по очистке фильтрующих полотен осесимметричными турбулентными струями, формирующимися вблизи водопроницаемого экрана; вывести теоретические и экспериментальные зависимости для определения параметров скользящей водной турбулентной струи; разработать методику расчета параметров скользящей промывной струи и зоны очистки фильтрующего полотна; разработать рекомендации по проектированию и эксплуатации гидравлического промывного устройства с системой скользящих струй.

В настоящее время широкое распространение нашли РЗУ с фильтрующим элементом, который является непреодолимым препятствием для молоди рыб. Обзор таких конструкций РЗУ представлен в работах Петрашкевича В.В., Маливанчика Б.С., Никонова И.В., Лапшенкова В.С., Рипинского И.И., Михеева П.А. и др. Наиболее удобным и распространенным фильтрующим элементом является фильтрующее полотно (ФП), которое может быть выполнено в виде сетки или перфорированной поверхности. Опыт эксплуатации РЗУ, в состав которых входит в качестве рыбозаграждающего элемента ФП, позволяет выделить ряд причин, снижающих эффективность работы сооружения. К ним следует отнести:

- неэффективный способ очистки фильтрующего полотна;
- отсутствие надежного механизма отвода молоди рыб и мусора от внешней (напорной) стороны ФП;
- неоптимальные режим работы и характеристики промывного устройства (ПУ);
- неравномерность промывки фильтрующего полотна.

В результате анализа механизма работы РЗУ можно выделить следующие основные способы промывки фильтрующего полотна:

- течением в водоеме;
- гидравлическими или водовоздушными струями;
- различными механическими приспособлениями.

Если для промывки используется энергия движения воды в водоеме, то фильтрующее полотно, как правило, приводится в движение, либо предусматриваются специальные конструктивные элементы, обеспечивающие периодическое возникновение противотока через ФП. В том случае, когда фильтрующее полотно неподвижно, промывка обычно осуществляется струйными промывными устройствами.

Как правило, промывка фильтрующего полотна осуществляется гидравлическими струями, направленными нормально к его поверхности или под некоторым углом с противоположной (безнапорной) стороны. Очищение ФП осуществляется за счет гидродинамического воздействия струи на мусор и молодь рыб, а именно, получив импульс, частицы удаляются от фильтрующего полотна, преодолевая скорость течения в потоке. Для очистки больших площадей ФП используют многосопловые аппараты, которые представляют собой отрезок трубы с отверстиями (соплами) вдоль длины, устроенными с определенным шагом и диаметром, но основным недостатком таких

конструкций является наличие повторного оседания смытых частиц мусора и молоди рыб на фильтрующем полотне, если не осуществлена организация мусоро-рыбоотвода (МРО).

Проведенные эксперименты убедительно свидетельствуют о преимуществе способа промывки фильтрующего полотна водовоздушными струями перед гидравлическим способом. За счет эффекта флотации пузырьки воздуха увлекают к поверхности водного потока смытые с поверхности фильтрующего полотна частицы мусора и молоди рыб, что в некоторых случаях упрощает процесс их отвода. Помимо этого, водовоздушные струи оказывают на рыб отпугивающие действия за счет звуковых и динамических колебаний.

К недостаткам этого устройства следует отнести следующие:

- сложность конструкции струеформирующего насадка, требующая достаточной точности изготовления (например: нарушение соосности отверстий может привести к выходу из строя установки);
- газонасыщенность водовоздушных струй зависит от глубины погружения насадка, что определяет неравномерность газонасыщения струи в вертикальных многосопловых промывных устройствах.

К следующей группе РЗУ следует отнести устройства, фильтрующая поверхность которых очищается гидравлическими осесимметричными струями, которые формируются вблизи внешней поверхности фильтрующего экрана. К таким устройствам относятся рыбозащитный оголовок с потокообразователем (РОП), разработанный Волгоградским отделом НИМ Гидропроекта и усовершенствованная конструкция РОП-Ж, разработанная в отраслевой лаборатории НИМИ.

Следует отметить, что данные конструкции, согласно исследованиям на водозаборах рек Волга и Дон, обеспечивают достаточно надежную промывку фильтрующего полотна, выполненного из перфорированного экрана, и мусоро-рыбоотвод. Наряду с рыбоотводящими функциями, гидравлические струи являются составной частью механизма защиты молоди рыб оголовком. К недостаткам этих устройств следует отнести сравнительно малую пропускную способность.

Общий вид и продольный разрез оголовка РОП-Ж представлен на рисунке 1.

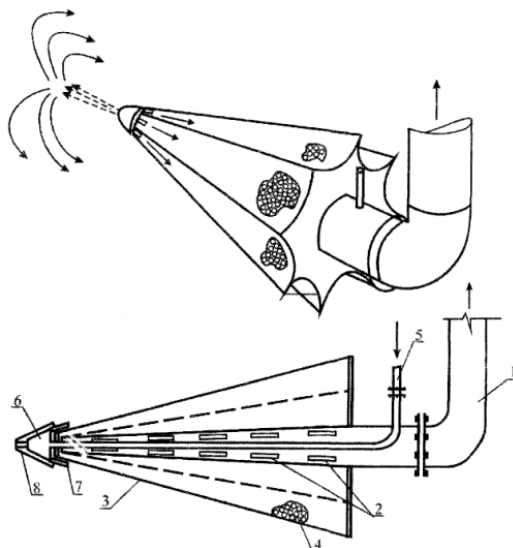


Рис. 1. – Общий вид и продольный разрез оголовка РОП-Ж:

- 1 – всасывающая труба; 2 – всасывающие распределительные отверстия; 3 – ребро жесткости;
4 – перфорированные желоба; 5 – водоотвод потокообразователя; 6 – потокообразователь; 7 – насадки потокообразователя; 8 – встречный насадок потокообразователя

Практический интерес к данной научной работе заключается в разработанных рекомендациях по проектированию и эксплуатации гидравлического промывного устройства и методике расчета геометрических размеров зоны очистки фильтрующего полотна. Результаты исследований, могут представлять интерес при реконструкции рыбозащитных сооружений на различных водозаборах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 20.12.2004 №166-ФЗ (ред. от 02.05.2015) «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» [Текст].
2. Федеральный закон от 10.01.2002 №7-ФЗ (ред. от 24.11.2014, с изм. от 29.12.2014) «Об охране окружающей среды» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2015) [Текст].
3. Федеральный закон от 24.04.1995 №52-ФЗ (ред. от 07.05.2013) «О животном мире» [Текст].
4. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84* [Текст].
5. СП 101.13330.2012 Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.07-87 [Текст].
6. Михайлин, А.В. Водозаборные сооружения из поверхностных источников [Текст] / А.В. Михайлин : Учебное пособие для студентов ф-та ВиВ. Том IV-8. – М.: АСВ, 2007.
7. Журба, М.Г. и др. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений [Текст] / М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова; Научно-методическое руководство и общая редакция М.Г. Журбы : Учебное пособие. В 3-х томах. 3-е издание доп. и перераб. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 1040 с.
8. Гришин, Б.М. и др. Водозаборные сооружения [Текст] / Б.М. Гришин, С.А. Кусакина, М.А. Сафронов, М.В. Бикунова, Е.А. Титов – Пенза: ПГУАС, 2013.

REFERENCES

- [1] Federalnyj zakon ot 20.12.2004 №166-FZ (red. ot 02.05.2015) «O rybolovstve i soxranenii vodnyh biologicheskikh resursov» [The federal law of 20.12.2004 No. 166-FZ (an edition of 02.05.2015) "About fishery and preservation of water biological resources"] (in Russian)
- [2] Federal'nyj zakon ot 10.01.2002 №7-FZ (red. ot 24.11.2014, s izm. ot 29.12.2014) «Ob ohrane okruzhayushhej sredy» (s izm. i dop., vstup. v silu s 01.01.2015) [The federal law of 10.01.2002 No. 7-FZ (an edition of 24.11.2014, with amendment of 29.12.2014) "About environmental protection" (with amendment and additional, begin with 01.01.2015)] (in Russian)
- [3] Federalnyj zakon ot 24.04.1995 №52-FZ (red. ot 07.05.2013) «O zhivotnom mire» [The federal law of 24.04.1995 No. 52-FZ (an edition of 07.05.2013) "About fauna"] (in Russian)
- [4] SP 31.13330.2012 Vodosnabzhenie. Naruzhnye seti i sooruzheniya. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 2.04.02-84* [Joint venture 31.13330.2012 Water supply. External networks and constructions. The staticized edition Construction Norms and Regulations 2.04.02-84] (in Russian)
- [5] SP 101.13330.2012 Podpornye steny, sudohodnye shlyuzy, rybopropusknye i rybozashhitnye sooruzheniya. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 2.06.07-87 [Joint venture 101.13330.2012 Retaining walls, navigable locks, rybopropuskny and fish-protecting constructions. The staticized edition Construction Norms and Regulations 2.06.07-87] (in Russian)
- [6] Mixajlin A.V. Vodozabornye sooruzheniya iz poverxnostnyx istochnikov [Water intaking constructions from superficial sources]. Uchebnoe posobie dlya studentov f-ta ViV [Manual for water supply and water disposal department students]. Tom IV-8 [Vol. IV-8]. M. Pub. ASV [ASV], 2007. (in Russian)
- [7] Zhurba M.G., Sokolov L.I., Govorova Zh.M. Vodosnabzhenie. Proektirovanie sistem i sooruzhenij [Water supply. Design of systems and constructions] Nauchno-metodicheskoe rukovodstvo i obshhaya redakciya M.G. Zhurby [Scientific and methodical management and general edited by M. G. Zhurba: 3rd edition additional and reslave.]. Uchebnoe posobie [Manual]. В 3-х томах [In 3 volumes.]. 3-е издание доп. и перераб. [3rd edition additional and reslave.]. M. Pub. ASV [ASV], 2004, Vol. 1. ISBN 5-93093-210-7, Vol. 2. ISBN5-93093-263-8, Vol. 3. ISBN 5-93093-278-6, 1040 p. (in Russian)
- [8] Grishin B.M., Kusakina S.A., Safronov M.A., Bikunova M.V., Titov E.A. Vodozabornye sooruzheniya [intake structure]. Penza. Pub. PGUAS (Пензенский государственный университет архитектуры и строительства) [Penza state university of architecture and construction], 2013. (in Russian)

New Technologies Applied at the Reconstruction of Water Intake Facilities for The Purpose of Improving Fish Protection Devices

V.G. Tkachev*, L.V. Postoy**

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

** e-mail: natali.tkacheva9020@mail.ru ; ** e-mail: lyu8605@yandex.ru*

Abstract - Practical interest in this scientific work is to developed recommendations for design and operation of hydraulic washing device and geometric dimensions calculation methodology of the zone of cleaning the filter cloth. The results of the research may be of interest in the reconstruction of the fish protection facilities for water intake.

Keywords: hydromelioration, biocenosis, fish protection devices, air / water installation, jet washing device.

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

УДК 621.01

**ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ
ИЗДЕЛИЙ АТОМНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ**

© 2015 г. П.Д. Кравченко

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

Представлено обоснование целесообразности применения мобильного технологического оборудования при изготовлении изделий атомного энергетического машиностроения. Вместо известной системы СПИД – «станок – приспособление – инструмент – деталь» предложена система ДИПС – «деталь – инструмент – приспособление – станок», позволяющая отказаться от применения тяжелого крупногабаритного технологического оборудования и применять малогабаритное мобильное технологическое оборудование. Использование эвристических приемов при проектировании с использованием примеров из живой природы – «принцип паука», «принцип муравья», «принцип бобра» приводит к решениям, близким к оптимальным.

Ключевые слова: атомное машиностроение, технология, мобильные блоки, эвристические приемы.

Поступила в редакцию 20.05.2015

Рассмотрим схему технологического процесса изготовления корпусного оборудования установок водо-водяных энергетических реакторов (ВВЭР) – корпусов реакторов, парогенераторов, компенсаторов давления, ёмкостей системы аварийного охлаждения зоны. Это стальные объекты цилиндрической формы, изготавливающиеся из цилиндрических толстостенных обечайек и эллипсоидных днищ, свариваемых в единый узел с патрубками.

Традиционно технологический процесс механической обработки таких объектов проектировался по системе СПИД – «станок – приспособление – инструмент – деталь». Согласно этой системе станок выбирается, исходя из массогабаритных параметров обрабатываемой детали.

Схема механической обработки, перемещения и кантования цилиндрической толстостенной обечайки корпуса реактора типа ВВЭР представлена на рисунке 1.

Обечайка 1 устанавливается на токарно-карусельный станок 2 с помощью мостового крана 5; после механической обработки обечайка 1 перемещается по траектории 7,9 на кантователь 8, где происходит переустановка её на обработанный торец, далее происходит возврат обечайки на станок 2 для обработки необработанного торца.

При перемещении и кантовании обечайки 1 необходимо произвести 9 перестроповок – при установке на станке, перестроповки при установке на межпролётную рельсовую платформу, при установках и снятии обечайки на кантователе и при обратном перемещении её к станку.

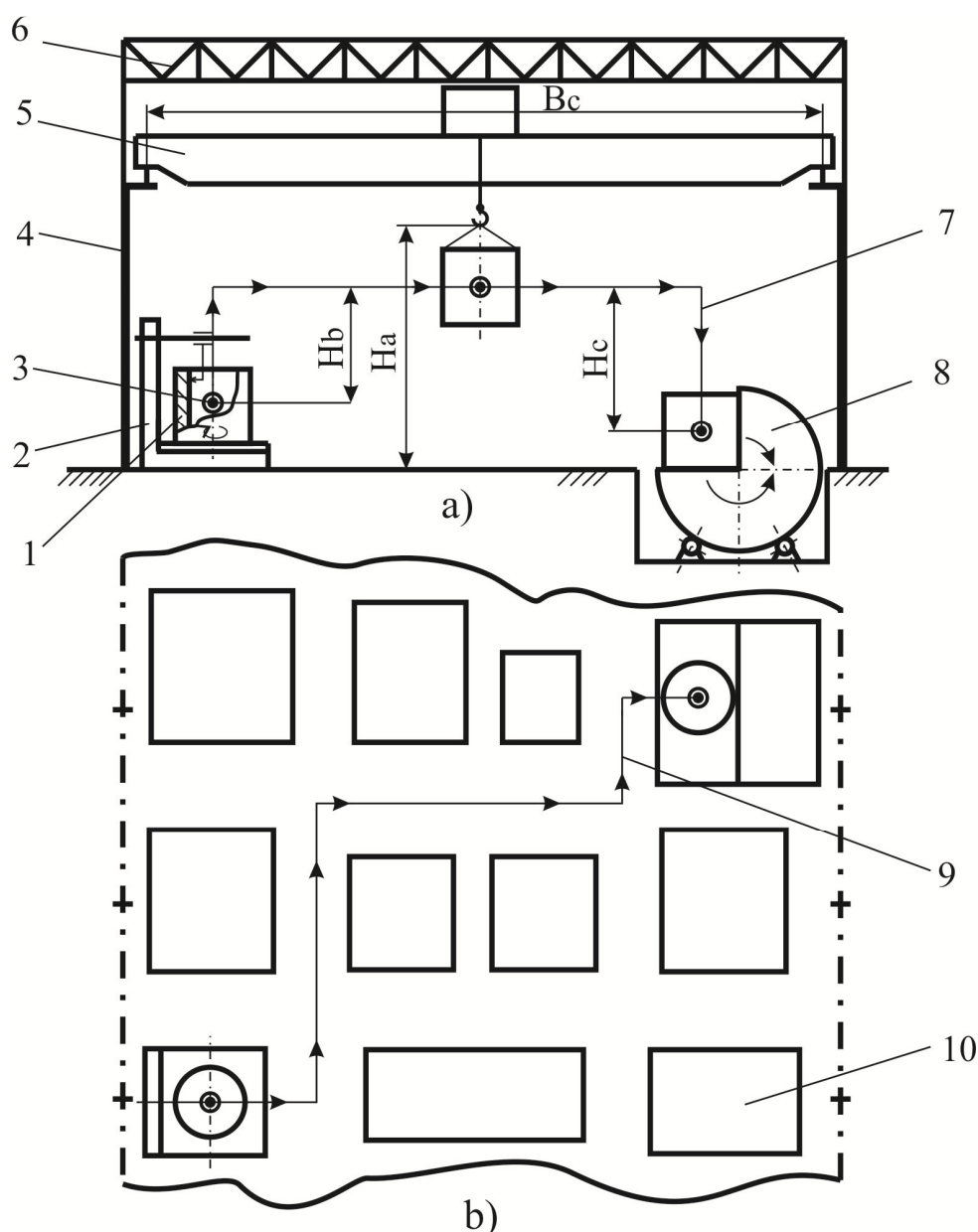


Рис. 1. – Схема перемещения и кантования объектов при механической обработке по традиционной технологии:

- 1 – цилиндрическая толстостенная обечайка; 2 – токарно-карусельный станок;
 3 – центр масс обечайки; 4 – несущие подкрановые колонны; 5 – мостовой кран;
 6 – строительные конструкции перекрытия; 7 – траектория движения центра масс обечайки в фронтальной проекции; 8 – напольный кантователь; 9 – траектория движения центра масс обечайки в горизонтальной проекции; 10 – металлообрабатывающее оборудование; H_a – полная высота подъема кранового крюка; H_b , H_c – высота подъема центра масс обечайки при перемещении и кантовании;
 B_c – ширина кранового пролета

Отметим, что в процессе перемещения происходит подъем объекта на высоту H_b и H_c при перемещении и кантовании при полной высоте подъема H_a кранового крюка. Процесс перемещения обечайки длится, согласно хронометражным наблюдениям, несколько часов.

Масса токарно-карусельного станка M_c для обработки объекта в 2...5 раз больше массы объекта M_o ; масса вращающихся частей станка ориентировочно равно массе

объекта. При механической обработке на токарно-карусельном станке подача резца незначительная, объект вращается вместе с планшайбой, что требует значительных энергозатрат.

Процесс перемещения и кантования объекта также требует значительных энергозатрат, т. к. объект перемещается вместе с краном, масса M_k которого превышает массу обечайки M_o , особенно при большом значении ширины B_c кранового пролета.

Металлообрабатывающее оборудование, применяющееся согласно системе СПИД, отличается большими массогабаритными параметрами; подкрановые опорные конструкции и строительные конструкции перекрытий цехов также имеют значительные массогабаритные параметры. В связи с этим технологический процесс обработки объектов атомного машиностроения по системе СПИД, применяемой традиционно с решающим влиянием лица, принимающего решение (ЛПР), является весьма трудоемким и дорогостоящим.

Рассмотрим альтернативную схему технологической обработки по системе ДИПС – «деталь – инструмент – приспособление – станок», как представлено на рисунке 2.

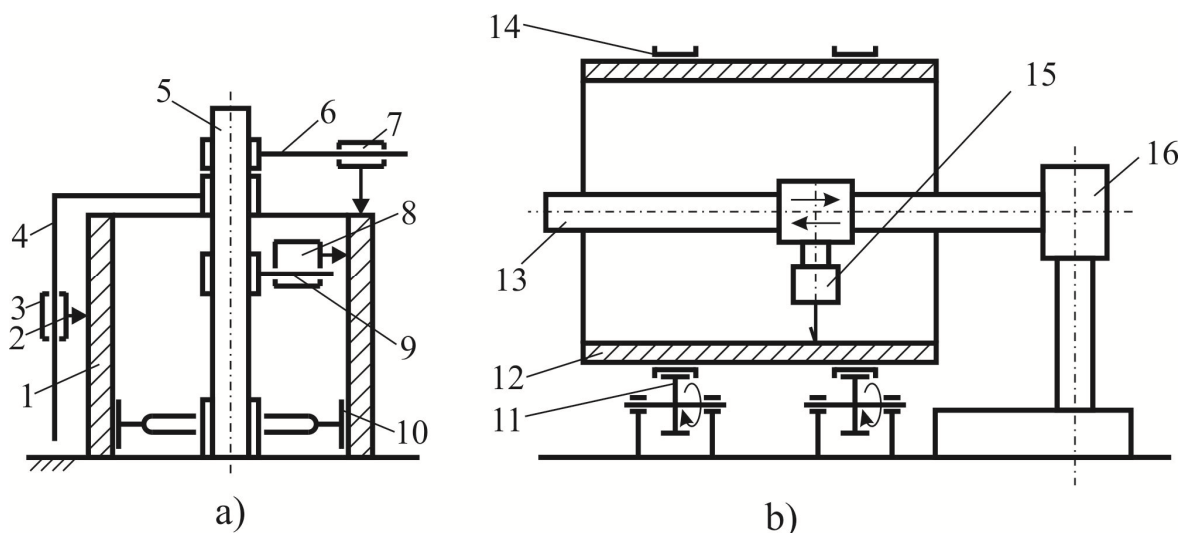


Рис. 2. – Схема вариантов применения мобильных металлообрабатывающих блоков при механической обработке обечайки и блоков сварочного оборудования:

1 – обечайка; 2 – режущий инструмент; 3 – мобильный металлообрабатывающий блок для обработки наружной поверхности обечайки; 4 – консольная поворотная колонна; 5 – опорная трубная базовая колонна; 6 – поворотная колонна для блока механической обработки торцевой поверхности обечайки; 7 – блок для обработки торца обечайки; 8 – блок для обработки внутренней поверхности обечайки; 9 – поворотная колонна для блока 8; 10 – базовый фиксирующий блок для установки опорной базовой колонны; 11 – приводные роlikоопоры; 12 – обечайка; 13 – горизонтальная базовая колонна; 14 – направляющее кольцо; 15 – сварочный аппарат; 16 – мобильное базовое установочное оборудование

Здесь в качестве базовой детали – корпуса – представлена обечайка 1, поверхности которой обрабатываются режущими инструментами, установленными в мобильных металлорежущих блоках 3, 7, 8, перемещающихся по колоннам 4, 6, 9. Базовым элементом всей установки является трубная опорная колонна, зафиксированная распорным блоком 10 на внутренней поверхности обечайки 1. В качестве металлорежущего элемента, обеспечивающего минимальную энергоёмкость при резании, принят фрезерный блок, как обеспечивающий минимальную энергоёмкость процесса резания.

При обработке чернового торца перестановка всего оборудования осуществляется на месте с применением напольных грузозахватных манипулирующих устройств.

Сварка обечаек в блоки и наплавка их внутренних поверхностей может быть

произведена по схеме, представленной на рисунке 2, б. В этом варианте на наружную поверхность обечайки или блока обечаек устанавливаются направляющие кольца 14, приводные роlikоопоры 11 вращают обечайку 12 (или блок) с условием, чтобы горизонтальная базовая колонна 13 была установлена точно по оси внутренней поверхности обечайки. На колонне 13, установленной на мобильном базовом установочном оборудовании 16, перемещается сварочный аппарат 15.

Возможные варианты установки горизонтальной базовой колонны на мобильном блоке, закрепляющемся на торцах и наружной поверхности обрабатываемых обечаек или блоков; целесообразность применения указанных вариантов доказывается инженерными расчётами на прочность, устойчивость и гарантию обеспечения требуемого качества процесса сварки или наплавки.

Перемещение обечайки при отказе от применения мостовых кранов может производиться по схеме, представленной на рисунке 3.

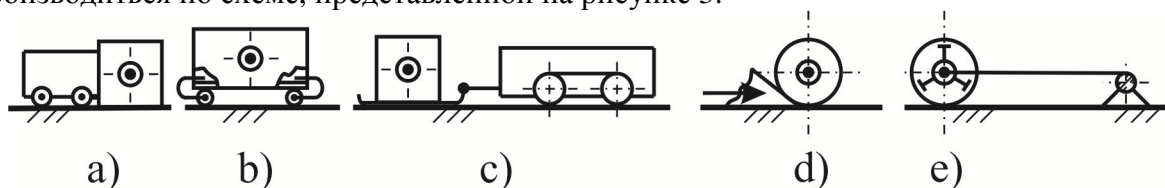


Рис. 3. – Схема возможных вариантов перемещения объектов с использованием:
а) – самоходного автопогрузчика; б) – подводимых приводных блоков; в) – поддона и тягача; г) – клина;
е) – распорных устройств на объекте и стационарной тяговой напольной лебёдки

Здесь возможно использование самоходных автопогрузчиков (а), подводимых приводных ходовых блоков (б), поддона с объектом и тягачом (в), подвижного клина для перекатывания объекта (г), использование распорных элементов на объекте и стационарных лебедок с закреплением тягового каната на оси распорных элементов (е), что обеспечивает перекатывание объекта.

Представленные на рисунке 2 схемы показывают возможность применения напольного оборудования [1] при очевидном упрощении процессов механической обработки объектов и их перемещения и кантования.

Представленная на рисунке 2 схема механической обработки и сварки и наплавки объектов показывают возможность отказа от тяжёлых металлообрабатывающих станков [1, 2].

Рисунок 3 объясняет возможность использования напольного транспорта с отказом от тяжёлого оборудования мостовых кранов.

Указанные схемы получены с использованием эвристических приемов нахождения лучшего технического решения [3] при создании новых объектов. Из живой природы использованы: принцип «муравья» – поднятие и перемещение массивных объектов малогабаритными модулями (схема 2б, 2д), принцип «паука» с использованием канатов (рис. 3в, 3е), принцип «бобра» – фрезерование, (рис. 2а).

Использование эвристических приёмов при проектировании технологического процесса обработки изделий атомного энергетического машиностроения [1, 3] позволяют обосновать целесообразность применения мобильных металлообрабатывающих блоков [2, 3].

Целесообразность обосновывается следующим:

1) Исходным звеном в начале процесса проектирования должен быть анализ конструктивных и массогабаритных параметров изделия и технологического оборудования в виде мобильных блоков с использованием изделия в качестве корпуса (рамы).

2) Проектирование технологического процесса должно включать анализ

нескольких перспективных вариантов, найденных коллективом конструкторов и технологов-проектировщиков с использованием эвристических приёмов.

3) Критерии оптимальности: общие: – минимальная удельная энергоёмкость процесса; минимальная стоимость процесса обработки; минимальное время процесса; обеспечение требуемого качества; обеспечение безопасности процесса.

Современная практика проектирования технологических процессов изготовления изделий атомного машиностроения не использует эвристические методы, что приводит к повышению капиталоемкости производства и стоимости изделий.

С применением указанных подходов будет минимизировано влияние ЛПП в процессе проектирования, т.к. при наличии нескольких вариантов оценка их по обоснованно принятым критериям качества уже позволит принять объективное решение, близкое к оптимальному.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование нестандартного оборудования. Тяжелое и атомное машиностроение [Текст] / Под ред. П.Д. Кравченко : монография. – Шахты: ЮРГУЭС, 2001. – 280 с.
2. Кравченко, П.Д. и др. Конструкторские решения при проектировании транспортно-технологического оборудования в атомном машиностроении [Текст] / П.Д. Кравченко [и др.]; Волгодонский институт сервиса (филиал) ЮРГУЭС : монография. – Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2008. – 186 с.
3. Половинкин, А.И. Основы инженерного творчества [Текст] / А.И. Половинкин : учеб. пособие для студентов вузов. – М: Машиностроение, 1988. – 368 с.

REFERENCES

- [1] Proektirovanie nestandartnogo oborudovaniya. Tyazheloe i atomnoe mashinostroenie [Design of the non-standard equipment. Heavy and nuclear mechanical engineering]. monografiya [monograph]. Pod red. P.D. Kravchenko [Edited by P.D. Kravchenko] Shahty. Pub. YuRGUE'S" [Shahty. Pub. SRSUES], 2001, ISBN 5-93834-023-3, 280 p. (in Russian)
- [2] Kravchenko P.D. etc. Konstruktorskie resheniya pri proektirovanii transportno-technologicheskogo oborudovaniya v atomnom mashinostroenii [Design decisions at design of transport processing equipment in nuclear mechanical engineering] Volgodonskij institut servisa (filial) YuRGUE'S" [Volgodonsk Service Institute branch SRSUES] monografiya [monograph]. Shahty. Pub. YuRGUE'S" [Shahty. Pub. SRSUES], 2008, 186 p. (in Russian)
- [3] Polovinkin A.I. Osnovy inzhenernogo tvorchestva [Bases of engineering creativity] uchebnoe posobie dlya studentov vuzov [manual for students of higher education institutions.]. M. Pub. Mashinostroenie [Mechanical engineering], 1988, ISBN 5-217-00016-3, 368 p. (in Russian)

Expediency of Mobile Technological Equipment Use During Production of Nuclear Machine Building Objects

P.D. Kravchenko

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
73/94 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360
e-mail: krapa21@yandex.ru*

Abstract – Substantiation of expediency of mobile technological equipment use during production of nuclear machine building objects is represented.

Instead of known system “lathe – adjustment – instrument – blank” the system “blank – instrument – adjustment – lathe” is proposed, which allow to object from huge technological equipment and use small mobile equipment.

Application of heuristic methods during design process with using the wild nature principles – “ant”, “spider”, “beaver” – led to nearly optimal decisions.

Keywords: nuclear machine building, technology, mobile equipment, heuristic method.

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

УДК 621.791.75.04

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ
ОБРАТНОЙ СТОРОНЫ ШВА НА ВЕСУ ПРИ ОДНОСТОРОННЕЙ
СВАРКЕ КОРНЕВЫХ СТЫКОВ ТРУБОПРОВОДОВ
МЕТАЛЛОПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ**

© 2015 г. А.М. Рыбачук*, Гу Цзэжэнь*, Ю.В. Доронин**, П.С. Кузнецов**

* *Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва*

** *Аттестационный центр городского хозяйства (АЦГХ), Москва*

В работе смоделирован процесс формирования корневого валика шва при односторонней дуговой сварке металлопорошковой проволокой на весу. Показано влияние физико-химических свойств жидкого металла на границе с газовой средой на процесс образования поверхности обратного валика шва. Выполнен расчет силы давления дуги.

Ключевые слова: односторонняя сварка, корень шва, давление дуги, вязкость, межфазное натяжение.

Поступила в редакцию 15.05.2015

Сварка корневого слоя при сборке неповоротных стыков трубопроводов, эксплуатируемых для транспортировки нефти, газа и других продуктов является наиболее трудоемкой задачей при заполнении разделки.

Одним из известных способов формирования шва при сварке на весу является способ сварки в квадрупольном магнитном поле как немагнитных, так и магнитных материалов, позволяющих сваривать стыковые соединения толщиной до 12 мм [1]. Способ позволяет получать шов с близкой к идеальной форме поверхности обратного валика.

При ручной дуговой сварке качественный корневой шов получается при сварке электродами LB-52U за счет уникальной шлаковой системы обмазки и высокого уровня технологии производства электродов. Ответственными за качество валика внутри шлаковой системы являются физические (Тпл. и Ттв.) и физико-химические (вязкость, поверхностное и межфазное натяжение) свойства.

Разумеется, это достигается при известном мастерстве оператора, способном обеспечить высокую технологическую дисциплину по сборке и параметры режима сварки.

В последние десять лет, с учетом возросшей потребности в данной технологии и разнообразия конфигураций трубопроводов ведущими зарубежными компаниями для MIGMAG сварки разработаны импульсные технологии для выполнения корневого шва. Принципиальные технологические возможности и недостатки данных способов подробно представлены в многочисленных источниках [2, 3].

Данные технологии, однако, характерны «холодной сварочной ванной», что приводит к значительному снижению тепловложения при корневом проходе, что делает невозможным переплавление прихваток, способствует газонасыщению корневого прохода газами и требует выполнения обязательного «горячего» прохода.

Как следствие, в шве невысокие механические свойства и значительное количество дефектов-пор, шлаковых включений, несплавлений в заполняющих проходах.

ЗАО НПФ «ИТС» и ООО «АЦГХ» в работе [2] рассмотрели технологические особенности выполнения корневого прохода трубопровода по принципиально новой технологии с использованием металлопорошковой проволокой POWER BRIDGE 60 М диаметром 1,2 мм.

Авторы пришли к мнению, что эта безшовная, омедненная, металлопорошковая проволока обеспечивает высокую стабильность горения дуги, повышенную вязкость сварочной ванны, благоприятную форму обратного валика как с лицевой, так и с обратной стороны, и самое главное, гарантирует высокие механические свойства (ударную вязкость) при низких температурах.

Тем не менее, гарантируемые и здесь высокие характеристики ударной вязкости и микроструктура корневого слоя определяются не только типом, «но и термическими циклами в зоне от горячего прохода рутиловой порошковой проволокой и заполняющих слоев».

В целом, для потребителей данной технологии не так уж и важно, какой из факторов обеспечивает, безусловно, удовлетворительный результат. Состав ли и конструкция проволоки, условия сборки, параметры режима сварки, пространственные положения при сварке, используемое оборудование (в том числе и источник питания). Хотя внешний вид обратного валика, его геометрические размеры несколько не отличаются от аналогов, полученных, например, при использовании Steel Root (Fronius).

В связи с этим, была сделана попытка проанализировать, в первую очередь, факторы, влияющие на формирование корневого валика. Как известно, все предыдущие исследователи, рассматривая сварочную ванну на весу при MIG/MAG-сварке в состоянии статического или динамического равновесия, исследовали физические и физико-химические свойства металла при температуре выше ликвидуса, параметр сил действующих на жидкий металл со стороны дуги, влияние газовой защитной среды и др.

В отличие от формирования корня шва при односторонней сварке на подкладках, где решающую роль играют свойства расплавленных при взаимодействии с металлом сварочной ванны оксидов подкладного материала, в нашем случае речь пойдет о процессах в корне шва на межфазной границе металл-газ.

На наш взгляд, решающими факторами, которые могут повлиять на геометрические размеры корня шва, ширину, высоту, угол перехода к основному металлу, а также структуру металла шва корневого валика, являются:

- межфазное натяжение на границе расплавленный металл шва – газ с обратной стороны;
- вязкость расплавленного металла при температуре выше ликвидуса;
- величина зазора в стыке;
- угол разделки кромок и величина притупления;
- химический состав и конструкция металлопорошковой проволоки;
- характер переноса металла через дуговой промежуток;
- параметры режима сварки (ток сварки, скорость сварки, напряжение на дуге, диаметр электрода) и, как следствие, все силовые характеристики, как факторы, влияющие на перемещение как электродного, так основного металла по сечению сварочной ванны в продольном и поперечном направлениях;
- электропроводность проволоки в холодном состоянии.

Рассмотрим в данной статье лишь некоторые из них, которые, на наш взгляд, являются наиболее значимыми, а именно – характер переноса металла через дуговой промежуток, физико-химические свойства расплавленного металла при температурах несколько выше ликвидуса, конструкция порошковой проволоки и влияние давления

дуги.

Наиболее полно влияние поверхностных характеристик в сварочных процессах применительно к формированию корня шва освещено в работе [4].

Для проверки влияния физических свойств расплавленного шлака на форму усиления обратного валика к основному металлу и угол перехода, была решена статическая задача, показывающая влияние равновесия сил в сварочной ванне, выражаемое уравнением:

$$P_{\Sigma} = P_{\sigma},$$

где P_{Σ} – сумма объемных и поверхностных сил, действующих в сварочной ванне;
 P_{σ} – сила межфазного натяжения на границе расплава металл-шлак, которая определяется по формуле:

$$P_{\sigma} = \frac{\sigma \frac{d^2 y}{dx^2}}{\sqrt{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^3}}.$$

После записи уравнения в дифференциальной форме:

$$\frac{\sigma \frac{d^2 y}{dx^2}}{\sqrt{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^2}} - \rho g \left(\delta_{ж} - \frac{P_d}{\rho g} y \right) = 0. \quad (1.1)$$

далее:

$$\frac{\frac{d^2 y}{dx^2}}{\sqrt{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^3}} - A (B - y) = 0, \quad (1.2)$$

где:

$$A = \frac{\rho g}{\sigma}; \quad B = \delta_{ж} - \frac{P_d}{\rho g}.$$

После преобразований получаем:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\Pi} = \frac{dy}{dx} = \sqrt{-1 - \frac{1}{2C_1}} = \sqrt{-1 - \frac{1}{2AC^2(\sigma) - 4ABC(\sigma) - 1}}. \quad (1.3)$$

где $\delta_{ж}$ – толщина жидкой прослойки металла под дугой;
 ρ – плотность жидкого металла;
 g – ускорение свободного падения;
 P_{σ} – равнодействующая объемных сил.

Это значит, что увеличение межфазного натяжения на границе расплава металл-шлак (в нашем случае на границе металл-газ) приведет к увеличению угла перехода « α » и улучшению эксплуатационных характеристик одностороннего сварного соединения.

Таким образом, межфазное натяжение может служить элементом стабилизации формы обратной стороны шва при односторонней дуговой сварке стыковых соединений. Межфазное натяжение на границе металл-газ по данным С.И. Попеля [5], составляет для углеродистых и низколегированных сталей, например, 30ХГСА

составляет 1450 мДж/м², что превышает более чем в три раза межфазное натяжение на границе шлак-флюс при односторонней сварке на подкладках.

Для разработки схемы течения металла при односторонней сварке очень важно, что наиболее высокие скорости достигаются на передней стенке и в зоне сквозного проплавления. Это утверждение позволяет нам сделать вывод о том, что высокие скорости перемещения металла в корне шва, особенно на режимах с высокими значениями тока сварки, могут привести к значительным затруднениям при формировании обратного валика. В свою очередь, неясно, каково поведение объемных и поверхностных сил на разных стадиях формирования валика в корне шва. Это особенно важно в момент окончательного завершения процесса, когда действуют положения физико-химической гидродинамики.

В этом случае, когда импульс взаимоуравновешивающих друг друга поверхностных и объемных сил исчерпан, окончательная геометрическая форма создается за счет поверхностных сил капли жидкого металла на границе с затвердевающим шлаковым расплавом и описывается формулой:

$$F_r = 2\pi r \Delta y = 2\pi r \sigma_2 (\cos v - \cos v'), \quad (1.4)$$

где r – радиус периметра смачивания;
 σ – поверхностное натяжение;
 v, v' – углы смачивания.

Капиллярное давление или давление Лапласа в любой точке поверхности составляет:

$$P_{\text{л}} = \sigma [(1/R_1) + (1/R_2)], \quad (1.5)$$

где R_1, R_2 – главные радиусы кривизны поверхности в данной точке.

Как следует из уравнения (1.5), капиллярное давление существенно лишь при наличии сильно искривленных поверхностей, но при малой кривизне оно уменьшается, при плоской поверхности обращается в нуль. Если растекание жидкости массой m сопровождается снижением ее центра тяжести на dh , то потенциальная энергия уменьшается на $-dU = -mgdh$ и появляется дополнительная радиальная сила $F_p = -mg(dh/dr)$, вызывающая горизонтальное перемещение жидкости с периметром смачивания [5]. В нашем случае, при формировании обратного валика, гравитационное действие этой силы будет препятствовать растеканию и направлено перпендикулярно действию давления Лапласа (рис. 1).

Одна из наиболее подробно рассмотренных моделей, где рассматривается равновесие сварочной ванны на весу, является математическое описание, выполненное В.М. Березовским [6]. В данной работе определены требования к параметрам стыкового соединения для односторонней сварки на весу. Показано, что угол разделки кромок, зазор и притупление при определенных режимах позволяет добиться плоского обратного валика при сварке неплавящимся электродом.

Авторы [2] утверждают, что формирование корня шва с обратной стороны в значительной степени зависит от вязкости расплава. По данным экспериментальных исследований для расплава промышленных марок стали значения динамической вязкости в интервале температур 1480-1650^oC находятся в пределах 4,5 – 6,0 мПа·с (вязкость чистого железа при перегреве 50 К выше точки плавления составляет 5,4 мПа·с).

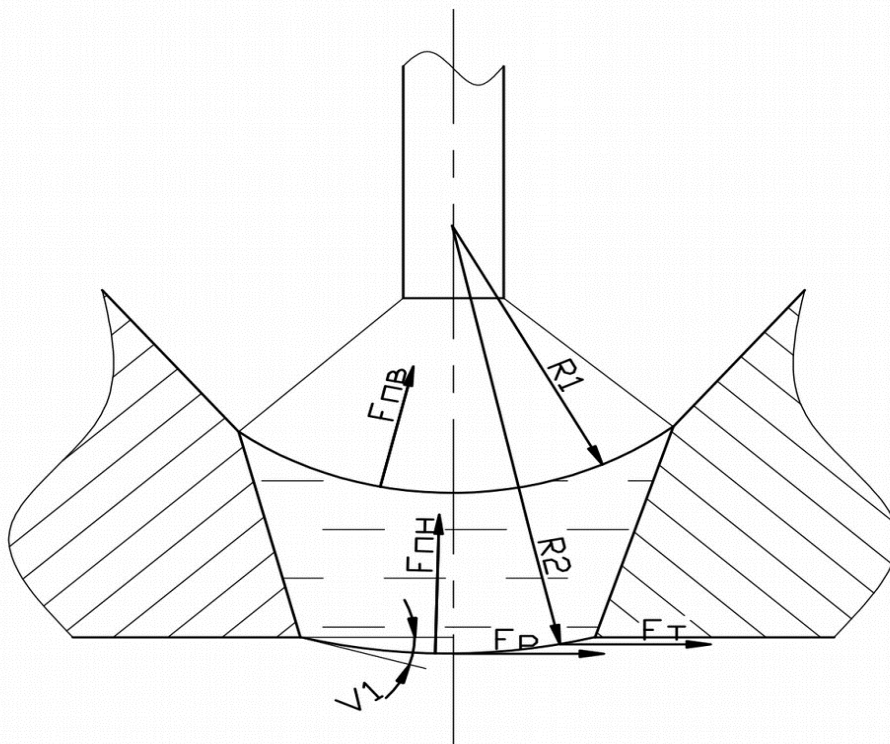


Рис. 1. – Взаимодействие сил при растекании капли на весу:

$F_{ПН}$, $F_{ПВ}$ – силы поверхностного натяжения на нижнем и верхнем зеркале сварочной ванны;

F_P , F_T – силы растекания и тянущая сила

Для понимания меры влияния динамической вязкости на создание благоприятной формы обратной стороны шва, классического определения вязкости как свойства жидкости оказывать сопротивление перемещению одной части жидкости относительно другой, недостаточно. На микроуровне легкость перехода частицы из одного положения в другое связано с величиной энергетического барьера (E_{η}), который приходится преодолевать движущейся частице размером «г» на расстоянии «d» между ее положениями равновесия. С ростом E_{η} , г, d вязкость увеличивается. [7]. Напротив, вязкость уменьшается при повышении температуры из-за увеличения числа частиц, обладающих нужным запасом энергии для осуществления таких переходов. В таком случае величина вязкости или энергия активации вязкого течения E_{η} определяется природой и составом расплава, а также температурой.

$$E_{\eta} = 4\pi r^2 \sigma. \quad (1.6)$$

Данная формула связывает энергию активации вязкого течения и межфазное натяжение на границе металл-газ и показывает влияние этих физико-химических характеристик расплава на состояние металла корня шва при температурах выше ликвидуса.

Это означает, что при достижении определенной энергии активации металл перестает течь в слоях относительно друг друга, межфазное натяжение достигает своих максимальных показателей и начинается процесс кристаллизации.

В процессе отработки технологии сварки и исследовании дуги было выяснено, что дуга при сварке металлпорошковой проволокой горит и переносит металл в сварочную ванну по периферии зазора с перераспределением тепла и давления дуги через оболочку проволоки (рис. 2).



Рис. 2. – Фото дуги при сварке порошковой проволокой

Это доказывается результатами исследования зависимости высоты обратного валика шва от тока сварки. При росте тока от 80 А до 180А, высота обратного валика растет незначительно, от 0,5 до 1,6 мм при относительно стабильной ширине обратного валика 6...8 мм (рис. 3). Напряжение на дуге: 21...23 В.

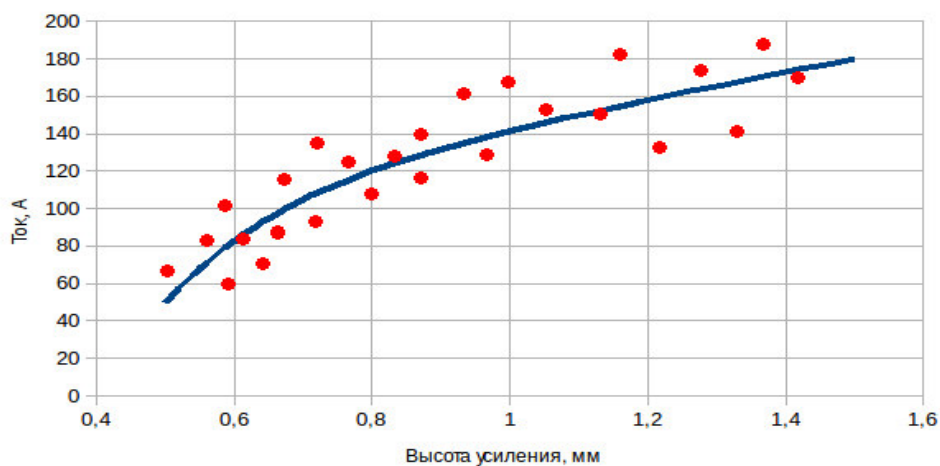


Рис. 3. – Влияние сварочного тока на высоту обратного валика

Внешний вид обратного валика характерен относительно стабильными размерами без подрезов, с пластинками оксидов Mn и Si на поверхности шва (рис. 4).



Рис. 4. – Внешний вид обратного валика шва

В таком случае, важную роль в стабилизации формы шва с обратной стороны при сварке металлпорошковой проволокой на весу, будет играть равнодействующая всех сил, влияющая на расплав металла в корне шва со стороны дуги.

При сварке порошковой проволокой металлическая оболочка проволоки обладает намного большей электропроводностью по сравнению с сердечником [8, 9]. Поэтому активное пятно дуги занимает не всё сечение проволоки, а находится преимущественно на металлической оболочке. Столб дуги с большой скоростью перемещается вокруг сердечника, расплавляя его (рис. 5). При сварке на различных режимах характер горения дуги может быть различным [8]. При сварке на оптимальных режимах дуга, горящая по кольцевой оболочке, обеспечивает мелкокапельный туманообразный перенос электродного металла.

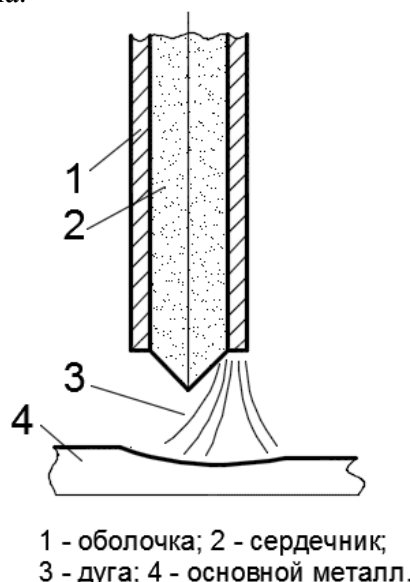
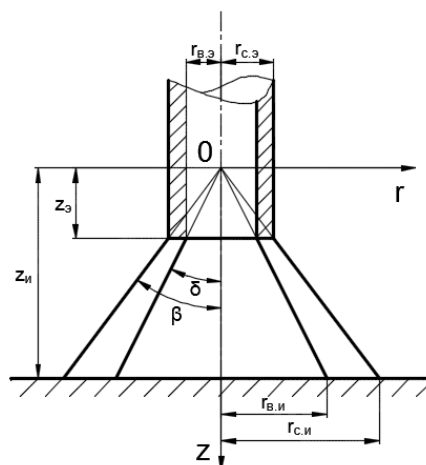


Рис. 5. – Схема горения дуги при сварке порошковой проволокой

Для описания давления такой дуги предложена следующая расчётная схема конусообразной дуги, горящей с кольцевого электрода (рис. 6). Процессы, протекающие внутри кольцеобразно расширяющейся дуги в данной схеме, не учитываются. Полное давление дуги определяется несколькими составляющими [10]. Составляющую давления дуги, связанную с расширением столба, можно определить следующим образом.



Собственная осевая электромагнитная сила от взаимодействия радиальной составляющей сварочного тока с индукцией собственного магнитного поля в этом объеме, действующая на этот объем вниз, запишется в следующем виде:

$$df_z = (\vec{j}_r \times \vec{B}) dv = \mu j_r H dv \quad (1.8)$$

С учётом того, что $\frac{j_r}{j_z} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{r}{z}$ и $j_r = j_z \operatorname{tg} \alpha = j_z \frac{r}{z}$ сила, действующая на элементарный объем равна:

$$df_z = \mu j_r H dv = \mu j_z H \frac{r}{z} dv = \mu j_z H \frac{r^2}{z} d\varphi dz dr \quad (1.9)$$

Сила, действующая на элементарное кольцо, равна:

$$dF_k = \int_0^\varphi df_z = \int_0^{2\pi} \mu j_z H \frac{r^2}{z} dz dr d\varphi = 2\pi \mu j_z H \frac{r^2}{z} dz dr \quad (1.10)$$

Примем распределение вертикальной составляющей сварочного тока по поперечному сечению кольца дуги постоянным, тогда:

$$j_z = \frac{I_d}{F_{\text{слож}}(z)}$$

где $F_{\text{слож}}(z) = \pi r_c^2(z) - \pi r_b^2(z)$.

Напряжённость магнитного поля на внутренней поверхности столба дуги равна нулю, полагая, что часть столба дуги, занятая шихтой, не электропроводна.

На наружной поверхности столба дуги напряжённость магнитного поля равна [11]:

$$H_c = \frac{I_d}{2\pi r_c} \quad (1.11)$$

Примем величину напряженности магнитного поля по сечению столба постоянной, равной средней:

$$H = \frac{H_c}{2} = \frac{I_d}{4\pi r_c} \quad (1.12)$$

Определим силу, действующую на элементарное кольцо:

$$dF_k = 2\pi \mu j_z H \frac{r^2}{z} dz dr = 2\pi \mu \frac{I_d}{\pi r_c^2 - \pi r_b^2} \frac{I_d}{4\pi r_c} \frac{r^2}{z} dz dr = \frac{\mu I_d^2 r^2}{2\pi r_c (r_c^2 - r_b^2) z} dz dr \quad (1.13)$$

Сила, действующая на элементарный слой:

$$dF_c = \int_{r_b}^{r_c} dF_k = \int_{r_b}^{r_c} \frac{\mu I_d^2 r^2}{2\pi r_c (r_c^2 - r_b^2) z} dz dr = \frac{\mu I_d^2 (r_c^3 - r_b^3)}{6\pi r_c (r_c^2 - r_b^2)} \frac{dz}{z} \quad (1.14)$$

Электромагнитная сила, вызванная расширением столба дуги

$$F_z = \int_{z_3}^{z_n} dF_c = \int_{z_3}^{z_n} \frac{\mu I_d^2 (r_c^3 - r_b^3)}{6\pi r_c (r_c^2 - r_b^2)} \frac{dz}{z} = \frac{\mu I_d^2 (r_c^3 - r_b^3)}{6\pi r_c (r_c^2 - r_b^2)} \ln \frac{z_n}{z_3} \quad (1.15)$$

Среднее давление, действующее на кольцевую поверхность контакта дуги с жидким металлом:

$$P_d = \frac{F_z}{S_d} = \frac{\mu I_d^2 (r_c^3 - r_b^3)}{6\pi S_d r_c (r_c^2 - r_b^2)} \ln \frac{z_n}{z_3} \quad (1.16)$$

Оно пропорционально квадрату сварочного тока и обратно пропорционально расширению столба дуги. Изменяя параметрами режима сварки конусность дуги, можно регулировать силовое воздействие дуги на сварочную ванну при заданном сварочном токе.

Отработка технологии односторонней сварки неповоротных стыков

трубопроводов производилась в автоматическом режиме в различных пространственных положениях с учетом визуального контроля не только обратной, но и лицевой стороны шва (рис.7).



Рис. 7. – Облицовочный валик шва трубы 530х8мм

ВЫВОДЫ

– При односторонней дуговой сварке металлопорошковой проволокой неповоротных стыков трубопроводов на весу формирование обратной стороны шва определяется давлением дуги и физико-химическими свойствами жидкого металла корневого валика.

– Характер переноса электродного металла способствует распределению давления дуги через оболочку порошковой проволоки и улучшает качество формы корневого шва.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акулов, А.И. и др. Удержание жидкого металла сварочной ванны поперечным магнитным полем [Текст] / А.И. Акулов, А.М. Рыбачук // Сварочное производство. – 1972. – №2. – С. 3–6.
2. Карасев, М.В. и др. Технологические особенности выполнения различных слоев шва при автоматической сварке трубопроводов [Текст] / М.В. Карасев, Ф.Е. Дорошенко, А.А. Казаков, Д.А. Любченко // Сварка и диагностика. – 2014. – №6 – С. 45–49.
3. Алешин, Н.П. и др. Актуальные вопросы сварки неповоротных стыков трубопроводов в монтажных условиях [Текст] / Н.П. Алешин, Э.А. Гладков, Ю.В. Доронин, В.Н. Бродягин, П.С. Кузнецов, М.А. Шолохов // Сварка и диагностика. – 2013. – №3. – С. 36–41.
4. Доронин, Ю.В. Разработка теоретических основ формирования обратной стороны шва с учетом физико-химических процессов в сварочной ванне и создание новых сварочных материалов для односторонней дуговой сварки сталей плавящимся электродом [Текст] / Ю.В. Доронин : дисс. докт. техн. наук. – М., 2010. – 352 с.
5. Попель, С.И. Поверхностные явления в расплавах [Текст] / С.И. Попель – М: Металлургия, 1994. – 432 с.
6. Березовский, В.М. Оптимизация формы шва при непрерывном проплавлении без подкладки [Текст] / В.М. Березовский // Сварочное производство. – 1988. – №3. – С. 29–31.
7. Bockris J.O'M. Investigation into structure of liquid silicates. Rev. Chemical. – 1955. – №1. – p. 234–237.
8. Походня, И.К. и др. Сварка порошковой проволокой [Текст] / И.К. Походня, А.М. Суптель, В.Н. Шлепаков. – Киев: Наукова думка, 1972. – 224 с.
9. Чигарев, В.В. Влияние шихты сердечника на электросопротивление порошковой ленты [Текст] / В.В. Чигарев // Современные проблемы сварки и родственных технологий, совершенствование подготовки кадров: тез. докл. Междунар. науч.-методической конф. – Мариуполь: ПГТУ, 2001. – С. 16–17.
10. Рыбачук, А.М. и др. Силовое воздействие конусной дуги на электрод и сварочную ванну [Текст] / А.М. Рыбачук, Г.Г. Чернышов // Сварка и диагностика. – 2010. – №5. – С. 6–8.
11. Рыбачук, А.М. и др. Математическое моделирование физических процессов в дуге и сварочной ванне [Текст] / А.М. Рыбачук, Г.Г. Чернышов : учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 74 с.: ил.

REFERENCES

- [1] Akulov A.I., Rybachuk A.M. Uderzhanie zhidkogo metalla svarochnoj vannы poperechnym magnitnym polem [Deduction of liquid metal of a welding bathtub cross magnetic field]. Svarochnoe proizvodstvo [Welding fabrication], 1972, №2, ISSN 0491-6441, p. 3–6. (in Russian)
- [2] Karasev M.V., Doroshenko F.E., Kazakov A.A., Lyubochko D.A. Teknologicheskie osobennosti vypolneniya razlichnyh sloev shva pri avtomaticheskoy svarke truboprovodov [Technological features of performance of various layers of a seam at automatic welding of pipe ducts cooking production]. Svarka i diagnostika [Welding and preliminary treatment], 2014, №6, ISSN 2071-5234, p. 45–49. (in Russian)
- [3] Aleshin N.P., Gladkov E.A., Doronin Yu.V., Brodyagin V.N., Kuznecov P.S., Sholoxov M.A. Aktualnye voprosy svarki nepovorotnyh stykov truboprovodov v montazhnyh usloviyah [Topical issues of welding of non-rotary joints of pipe ducts in assembly conditions]. Svarka i diagnostika [Welding and preliminary treatment], 2013, №3, ISSN 2071-5234, p. 36–41. (in Russian)
- [4] Doronin Yu.V. Razrabotka teoreticheskikh osnov formirovaniya obratnoj storony shva s uchetoм fiziko-khimicheskikh processov v svarochnoj vanne i sozdanie novykh svarochnykh materialov dlya odnostoronnej dugovoy svarki stalej plavyashhimsya elektrodom [Development of theoretical bases of formation of the underside of a seam taking into account physical and chemical processes in a welding bathtub and creation of new welding materials for unilateral arc welding staly the melting electrode]. Dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk [thesis of the Doctor of Engineering]. M. 2010, 352 p. (in Russian)
- [5] Popel S.I. Poverhnostnye yavleniya v rasplavah [The superficial phenomena in fusions]. M. Pub. Metallurgia [Metallurgy], 1994, ISBN 5-229-01037-1, 432 p. (in Russian)
- [6] Berezovskij V.M. Optimizatsiya formy shva pri nepreryvnom proplavlenii bez podkladki [Optimization of a form of a seam at unlined continuous pro-melting]. Svarochnoe proizvodstvo [Welding fabrication], 1988, №3, ISSN 0491-6441, p. 29–31. (in Russian)
- [7] Bockris J.O'M. Investigation into structure of liquid silicates. Rev. Chemical, 1955, №1, ISSN 0009-2665, p. 234–237. (in English)
- [8] Pohodnya I.K., Suptel A.M., Shlepakov V.N. Svarka poroshkovoy provolokoj [flux cored welding]. Kiev. Pub. Naukova dumka [Scientific thought], 1972, 224 p. (in Russian)
- [9] Chigarev V.V. Vliyanie shihtы serdechnika na elektrosoprotivlenie poroshkovoy lenty [Center hub furnace charge influence on resistance of a powder tape arch powder wire] Sovremennyye problemy svarki i rodstvennykh tekhnologiy, sovershenstvovanie podgotovki kadrov [Modern problems of welding and related technologies, training improvement] : Tezisy dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii [theses of reports of the International scientific and methodical conference]. Mariupol: PGU [PSTU], 2001, p. 16–17. (in Russian)
- [10] Rybachuk A.M., Chernyshov G.G. Silovoe vozdejstvie konusnoj dugi na elektrod i svarochnuyu vannu [Power impact of a conical arch on an electrode and welding tub]. Svarka i diagnostika [Welding and preliminary treatment], 2010, №5, ISSN 2071-5234, p. 6–8. (in Russian)
- [11] Rybachuk A.M., Chernyshov G.G. Matematicheskoe modelirovanie fizicheskikh processov v duge i svarochnoj vanne [Mathematical modeling of physical processes in an arch and a welding tub] : Uchebnoe posobie [manual], M. Pub. "Izdatelstvo MGTU im. N.E. Baumana" [Bauman Moscow State Technical University Publishing House], 2007, ISBN 978-5-7038-2941-7, 74 p. (in Russian)

Formation Process Modeling of the Seam Underside on Weight when One-side Welding Pipe Root Joints by Metal Cored Wire

A.M. Rybachuk*¹, Gu. Czigany*², Yu.V. Doronin**³, P.S. Kuznetsov**⁴

* Bauman Moscow State Technical University,
5 Vtoraya Baumanskaya St., Moscow, Russia 105005
** Certification Center of Municipal Economy (CCME),
47a Izmajlovskoy Shosse, Moscow, Russia 105187

¹ e-mail: amrybachuk@mail.ru ; ² e-mail: gujieren12345@163.com ;

³ e-mail: bekkenbauer@yandex.ru ; ⁴ e-mail: psmaden@gmail.com

Abstract – In work formation process of the seam root roller at one-side arc welding by metal cored wire on weight is simulated. Influence of physical and chemical properties of liquid metal on border with the gas environment on formation process of seam return roller surface is shown. Pressure force calculation of arch is made.

Keywords: one-sided welding, seam root, arc pressure, viscosity, interfacial tension.

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

УДК 621.762

**ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ
МЕТОДАМИ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**

© 2015 г. А.В. Марченко, Е.И. Колоколов

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

Изучены условия работы запорной арматуры. Перечислены основные недостатки методов наплавки ручной и автоматической дуговой сваркой при изготовлении седел арматуры. Предложен способ изготовления седла запорного узла вентиля высокого давления методом динамического горячего прессования предварительно спеченной заготовки нужного состава в корпусе “in-situ”.

Ключевые слова: вентиль, седло, дефекты, пористость, износ, динамическое горячее прессование.

Поступила в редакцию 08.06.2015

Запорная арматура предназначена для полного перекрытия или пуска рабочей среды в трубопроводе в зависимости от требования технологического процесса. Наиболее распространенным типом арматуры являются вентили. Недостатком вентилей является повышенное гидравлическое сопротивление $\xi=3-11$. Узлы арматуры могут работать в условиях высоких температур и давлений (до $t=565^{\circ}\text{C}$ и p до 38 МПа), создаваемых рабочей средой (пар, вода) в течение длительного времени. Наиболее важными узлами арматуры, обеспечивающими герметичность, являются затворы – состоящие из золотника и седла, на которые приходится до 50% всех отказов [1,2].

Основной причиной потери работоспособности арматуры является износ деталей затвора. Скорость износа увеличивается за счёт высокой температуры, давления, скорости и характера подачи среды. При этом поверхности узлов могут подвергаться коррозионно-механическому и кавитационному разрушению.

Для решения задач повышения эксплуатационных показателей и увеличения срока службы запорных узлов используют наплавку нужного состава, наносимую ручным и механизированным способом. В зависимости от условий применения и назначения применяют наплавочные материалы на основе железа с добавлением никеля, кобальта. Недостатки технологии наплавки: ухудшение свойств наплавленного слоя, деформация изделия, неравномерность свойств наплавки, трудность выполнения наплавки на мелких изделиях сложной формы и в труднодоступных местах, появление всевозможных дефектов сварки, которых очень трудно проконтролировать, появление холодных трещин [3-5].

Возрастающие требования к эксплуатационным характеристикам деталей запорной арматуры, требуют применения новых материалов и технологий. В частности, использование технологий порошковой металлургии (ПМ) в машиностроении во многом обусловлено большим потенциалом ресурсо- и энергосбережения, а также уникальностью свойств полученных материалов. При производстве порошковых изделий коэффициент использования материалов составляет 0,95, что позволяет особенно

эффективно использовать ПМ в крупносерийном и массовом производствах [6].

Целью данной работы является разработка технологии изготовления седла арматуры, методом ПМ с использованием заготовки корпуса вентиля в качестве основного элемента пресс-формы для седла, которое является составной частью этого корпуса. Технологический процесс изготовления седла состоит из следующих основных этапов:

1) Приготовление исходной шихты на основе порошка для наплавки, например, согласно ГОСТ 21448-75, и ее механическое активирование в энергонапряженной мельнице. Химический состав используемой шихты представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав порошка ПР-Н77Х15СЗР2-3, %

С	Si	В	Fe	Ni	Cr	S	P	O
0,35-0,60	2,8-3,5	1,8-2,3	до 5	основа	14-16	не более 0,04	не более 0,04	не более 0,05

Данная шихта должна обеспечивать деформируемость, а на конечном этапе также коррозионную стойкость и износостойкость изделия. Это означает, что матрица получаемого материала должна представлять собой аустенитную структуру. На данном этапе происходит упругая и пластическая деформация материала, образуется гомогенная гранулированная композиция, в которой исходные компоненты внедрены друг в друга [7].

2) Получение заготовки седла методом холодного прессования. Пористость заготовки – 12-15%. На данном этапе происходит формирование холоднопрессованной заготовки с заданной пористостью и размерами (рис. 1). При холодном прессовании обеспечивается плотность 85-88% и прочность на уровне 50% прочности цельнолитой детали.

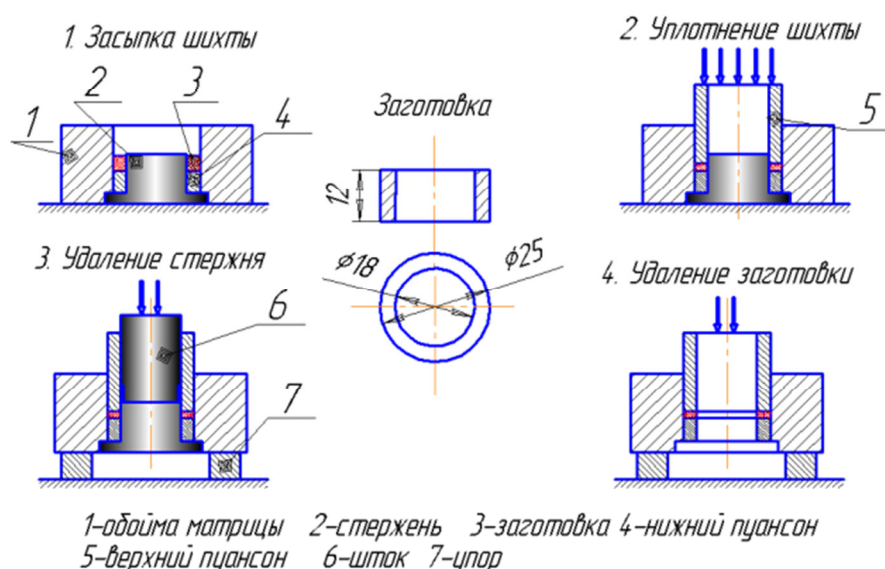


Рис. 1. – Формирование заготовки для седла вентиля, аналога 988-20-0 производства ЧЗЭМ

3) Спекание полученной заготовки при температуре 1000-1100°C в течение 2 часов в защитной атмосфере аргона. На данном этапе происходят диффузионные процессы в материале, что приводит к формированию аустенитной структуры.

4) Динамическое горячее прессование, которое осуществляется непосредственно в заготовке корпуса вентиля при температуре 1000-1100°C (рис. 2). При этом происходит уплотнение заготовки до пористости практически компактного материала

(до 1-2%) [8]. Одновременно осуществляется дополнительное термомеханическое упрочнение материала. На данном этапе материал седла приобретает необходимые для эксплуатации свойства и герметично фиксируется в корпусе вентиля. Температура эксплуатации такого вентиля ограничивается температурой процесса динамического горячего прессования.

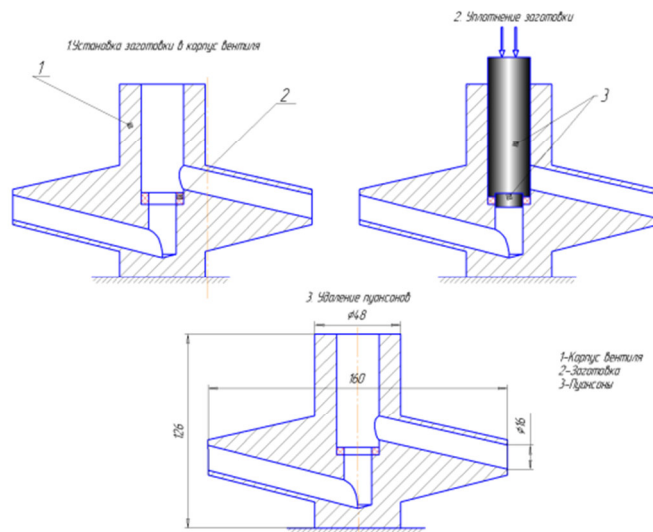


Рис. 2. – Схема процесса динамического горячего прессования в заготовке корпуса вентиля

Так как основным эксплуатационным требованием к запорным вентилям является отсутствие протечек в закрытом положении, важным для обеспечения герметичности порошковых седел является их минимальная пористость и качество спекания, гарантирующие отсутствие дефектов, что в первую очередь определяется величиной плотности и равномерностью её распределения по всему объёму изделия. При горячем динамическом прессовании применен разборный пуансон, что существенно облегчает процессы его частичного извлечения из корпуса и механической обработки внутренних поверхностей.

5) Производится окончательная механическая обработка корпуса вентиля и его седла. В последнем формируется отверстие для прохода среды и посадочная поверхность для контакта со штоком или золотником в виде фаски требуемых размеров.

ВЫВОДЫ

1) Предложен способ изготовления седла запорного узла вентиля высокого давления, основным элементом которого является метод динамического горячего прессования предварительно спеченной заготовки нужного состава в корпусе “in-situ”.

2) По сравнению с методами наплавки седел запорной арматуры, данный способ позволяет существенно сократить энергозатраты и другие издержки производства, автоматизировать технологический процесс, свести к минимуму последующую механическую обработку.

3) Основным преимуществом данного метода является повышение качества седел, вследствие отсутствия дефектов, необходимое для стабильности их работы в процессе эксплуатации вентиля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуревич, Д.Ф. Трубопроводная арматура [Текст] / Д.Ф. Гуревич. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1981. – 368 с., ил.

2. Котов, Ю.В. и др. Оборудование атомных электростанций [Текст] / Ю.В. Котов, В.В. Кротов, Г.А. Филиппов. – М.: Машиностроение, 1982. – 376 с. ил.
3. Имбирский, М.И. Справочник по трубопроводам и арматуре химических цехов электростанций [Текст] / М.И. Имбирский. – М.: Энергия, 1974. – 168 с., ил.
4. Чичинадзе А.В. и др. Трение, износ, и смазка (трибология и триботехника) [Текст] / А.В. Чичинадзе, Э.М. Берлингер, Э.Д. Браун и др. – М.: Машиностроение, 2003. – 576 с., ил.
5. Хасуи, А. Наплавка и напыление [Текст] / А. Хасуи, О. Моригаки; перевод с японского В.Н. Попова под ред. В.С. Степина, Н.Г. Шестеркина. – М.: Изд-во «Машиностроение», 1985. – 240 с., ил.
6. Либенсон, Г.А. Основы порошковой металлургии [Текст] / Г.А. Либенсон. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1987. – 208 с.
7. Пирожков, Р.В. Кинетика процесса механического активирования порошковых шихт [Текст] / Р.В. Пирожков // Материалы и технологии XXI века : сб. ст. XI Междунар. науч.-практ. конф. Март 2013 г. – Пенза, 2013. – С. 14–18.
8. Дорофеев, Ю.Г. Динамическое горячее прессование пористых материалов [Текст] / Ю.Г. Дорофеев. – М.: Наука, 1968. – 116 с.

REFERENCES

- [1] Gurevich D.F. Truboprovodnaya armatura [Pipeline fittings]. 2-e izd., pererab. i dop. [2nd Edition: processed and added]. Leningrad. Pub. "Mashinostroenie" [Mechanical engineering], 1981, 368 p. (in Russian)
- [2] Kotov Yu.V., Krotov V.V. Oborudovanie atomnyh elektrostancij [Equipment of nuclear power plants] M. Pub. "Mashinostroenie" [Mechanical engineering], 1982, 376 p. (in Russian)
- [3] Imbirskij M.I. Spravochnik po truboprovodam i armature ximicheskikh cehov elektrostancij [Reference book on pipe ducts and fittings of by-product recovery departments of power plants]. M. Pub. Energiya [Energy], 1974, 168 p. (in Russian)
- [4] Chichinadze A.V., Berlinger E.M., Braun E.D. Trenie, iznos, i smazka (tribologiya i tribotexnika) [Friction, wear, and lubricant (tribology and tribo technology)] M. Pub. "Mashinostroenie" [Mechanical engineering], 2003, ISBN 5-217-03053-4, 576 p. (in Russian)
- [5] Hasui A., Morigaki O. Naplavka i napylenie [Surfacing and spraying] Gerevod s yaponskogo V.N. Popova pod red. V.S. Stepina, N.G. Shesterkina [translation from Japanese by V. N. Popov edited by V.S. Stepin, N.G. Shesterkin]. M. Pub. "Mashinostroenie" [Mechanical engineering], 1985, 240 p.
- [6] Libenson G.A. Osnovy poroshkovoj metallurgii [Fundamentals of powder metallurgy]. 2-e izd., pererab. i dop. [2nd Edition: processed and added] M. Pub. "Metallurgiya" [Metallurgy], 1987, 208 p.
- [7] Pirozhkov R.V. Kinetika processa mexanicheskogo aktivirovaniya poroshkovyh shiht [Kinetics of mechanical activation process of powder furnace charges]. Materialy i texnologii XXI veka : sb. st. XI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Mart 2013 g. [Materials and XXI century technologies: collection of articles of XI International scientific and practical conference March, 2013.] Penza, 2013, p. 14–18.
- [8] Dorofeev Yu.G. Dinamicheskoe goryachee pressovanie poristykh materialov [Dynamic hot pressing of porous materials]. M. Pub. "Nauka" [Science], 1968, 116 p.

Production of Shutoff Valves Details by Powder Metallurgy Methods

A.V. Marchenko, E.I. Kolokolov

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

Abstract – Operating conditions of shutoff valves are studied. The main shortcomings of surfacing methods by manual and automatic arc welding at production of fittings saddles are listed. The way of production of locking knot saddle of the high pressure valve by method of dynamic hot pressing of previously baked preparation of the necessary structure in the “in-situ” case is offered.

Keywords: valve, saddle, defects, porosity, wear, dynamic hot pressing.

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

УДК 621.039

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТ
ОТ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ
ОРГАНО-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИЙ**

**© 2015 г. О.Л. Ташлыков*, С.Е. Щеклеин*, А.П. Хомяков*
И.М. Русских**, Е.Н. Селезнев****

** Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Свердловская обл.*

*** ОАО «Институт реакторных материалов», Заречный, Свердловская обл.*

Показан потенциал проектирования оптимального состава наполнителей гомогенных радиационно-защитных материалов для заданного изотопного состава радиоактивных загрязнений. Приведены результаты экспериментального исследования ослабляющей способности гомогенных радиационно-защитных материалов с различными наполнителями по отношению к гамма-излучению.

Ключевые слова: оптимизация радиационной защиты, кратность ослабления, гомогенный радиационно-защитный материал.

Поступила в редакцию 20.05.2015

ВВЕДЕНИЕ

Среди способов снижения доз облучения персонала [1] важную роль играет экранирование источника ионизирующего излучения. В настоящее время использование экранов ограничено небольшим выбором материалов, часто не обладающих удобством использования, что затрудняет их установку и снятие.

Для защиты от γ -излучения применяют защитные экраны, изготовленные из материалов с большим атомным номером и высокой плотностью (например, железо, свинец, вольфрам). В некоторых случаях для защиты (например, рентгеновских кабинетов) используют барит, как добавку в строительные материалы. Наилучшей защитной эффективностью среди традиционных материалов обладают вольфрам, свинец. Однако их стоимость весьма значительна. Соотношение стоимости барита, свинца и вольфрама составляет примерно 1:6:140 [2].

Поглощающая способность защитного материала зависит от спектра γ -излучения (изотопного состава) источника. Поэтому значительный потенциал в реализации принципа оптимизации радиационной защиты имеет подбор состава поглотителей (химических элементов), обеспечивающих необходимую кратность ослабления излучения для конкретных ситуаций облучения, при минимальных затратах.

В реакторных установках, охлаждаемых водой под давлением, оборудование контура теплоносителя изготавливается из коррозионно-стойких сталей, а некоторые узлы конденсатно-питательного тракта АЭС с кипящими реакторами – из низколегированных и углеродистых сталей. Поэтому в состав коррозионных отложений на оборудовании и трубопроводах таких АЭС входят в основном одни и те же радионуклиды (например, ^{58}Co , ^{60}Co , ^{54}Mn , ^{59}Fe , ^{51}Cr), которые образуются из

химических элементов, входящих в состав конструкционных материалов. [3]

В реакторных установках с жидкометаллическим теплоносителем состав радионуклидов, определяющих радиационный фон, отличается от реакторов с водным теплоносителем. Так, радиоактивность натриевого теплоносителя первого контура БН-600 при работе реактора определяется радионуклидом ^{24}Na ($T_{1/2} = 15,005$ ч). После останова реактора и распада ^{24}Na радиоактивность натрия определяется ^{22}Na ($T_{1/2} = 2,602$ лет) и ^{137}Cs ($T_{1/2} = 30,174$ лет), меньший вклад вносят ^{134}Cs ($T_{1/2} = 2,062$ лет) и ^{54}Mn ($T_{1/2} = 312,3$ дня). Радиоактивность отложений на поверхностях трубопроводов и оборудования первого контура, омываемых натрием, определяется изотопом ^{54}Mn . Активность других радионуклидов коррозионного происхождения (^{58}Co , ^{60}Co), а также продуктов деления (^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{95}Nb , ^{140}La) на таких поверхностях в 10 и более раз меньше. На поверхностях, находящихся в газовой полости, преобладают отложения ^{137}Cs [4].

При возможности отсрочки выполнения работ на радиоактивных системах (например, демонтаж энергоблоков АЭС, выводимых из эксплуатации), радиационный фон определяется долгоживущими изотопами ^{137}Cs и ^{60}Co . Однако, в условиях эксплуатации, в том числе во время ремонта, модернизации и реконструкции, радиационная обстановка может определяться также изотопами с небольшими периодами полураспада и многообразием спектра гамма-излучения в зависимости от типа реакторной установки, конструкционных особенностей оборудования и т.д. В отдельных случаях требуется защита от комбинированного нейтронного и γ -излучения. К таким работам относится, например, замена парогенераторов (ПГ) на АЭС с ВВЭР-1000, при которой наиболее дозозатратными операциями являлись, начиная с Южно-Украинской АЭС (1987), сварка, контроль, термообработка, восстановление аустенитной нержавеющей наплавки внутри главного циркуляционного трубопровода (ГЦТ). Оптимизация конструкции специальной защиты в районе соединения коллектора теплоносителя с ГЦТ при замене ПГ на блоке №2 Балаковской АЭС в 1999-2000 гг. позволила значительно снизить дозозатраты по сравнению с использовавшейся ранее защитой [5].

В данной статье представлены результаты одного из этапов комплекса работ, проводимых в последние годы специалистами УрФУ и ОАО «Институт реакторных материалов» по проектированию оптимального состава гомогенных защитных материалов, адаптированных к радиоактивным загрязнениям АЭС, различающимся изотопным составу.

1 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

1.1 МАТЕРИАЛЫ

В настоящее время разработан ряд радиационно защитных материалов (РЗМ), представляющих собой матрицу, включающую наполнитель в виде вещества, хорошо ослабляющего гамма-излучение. К ним относятся РЗМ серии Абрис РЗ, разработанные специалистами ООО «Завод герметизирующих материалов», и представляющие собой композицию на основе полимерного связующего, наполнителя, пластификатора и технологических добавок. Технология производства РЗМ позволяет формировать необходимые защитные свойства материала с учетом изотопного состава радиоактивных загрязнений за счет использования различных наполнителей (барита, свинца, вольфрама и т.д.) и их концентраций.

Положительными свойствами защитного материала являются возможность его изготовления в виде эластичных клейких пластин, позволяющих в условиях радиационных полей быстро закреплять защиту вокруг трубопроводов и

оборудования [6].

Для проведения исследований были выбраны пять источников гамма-излучения с различными энергиями γ -квантов. При их выборе учитывались результаты анализа изотопных составов радиоактивных загрязнений реакторных установок различных типов, а также возможности получения изотопов на исследовательском реакторе ИВВ-2М [2].

Для проведения эксперимента были изготовлены образцы защитного материала Абрис в виде листов размерами 500х500 мм толщиной 5, 10, 15, 20 мм с концентрациями (содержанием) наполнителей (барита, свинца, вольфрама) от 20 до 90%.

1.2 ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОСЛАБЛЕНИЯ МОЩНОСТИ ДОЗЫ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ ЗАЩИТНЫМ МАТЕРИАЛОМ

Для получения источников гамма-излучения использовался «мокрый» канал реактора ИВВ-2М, представляющий из себя алюминиевую трубу $\varnothing 29 \times 1$ длиной 7,5 метров. Канал устанавливался в полость, образованную внутренней чехловой трубой тепловыделяющей сборки реактора. Для облучения детекторов использовались две ячейки активной зоны реактора.

В качестве мишеней для получения источников гамма-излучения использованы активационные детекторы (металлические кобальт ^{59}Co , никель ^{58}Ni , золото, сплав с алюминием ^{197}Au , железо ^{54}Fe , алюминий ^{27}Al) из аттестованных наборов (АКН-Т-10 №014, СН-60/10, СН-65/11). Для проведения эксперимента были получены источники гамма-излучения ^{60}Co , ^{58}Co , ^{198}Au , ^{54}Mn , ^{24}Na (табл. 1).

Таблица 1. – Характеристики полученных источников гамма-излучения

Источник гамма - излучения	Ячейка активной зоны	Время облучения	Активность на конец облучения, Бк	Активность на момент измерения, Бк	Мощность дозы на расстоянии 90 мм, мкЗв/ч	
					эксперимент	расчет
^{60}Co	4-7	20 мин	$3,40 \cdot 10^6$	$3,40 \cdot 10^6$	151	147
^{58}Co	4-7	1,8 ч	$6,83 \cdot 10^6$	$6,83 \cdot 10^6$	144	147
^{198}Au	4-7	15 мин	$3,45 \cdot 10^7$	$1,73 \cdot 10^7$	146	141
^{54}Mn	7-8	28 ч	$9,45 \cdot 10^6$	$9,45 \cdot 10^6$	166	168
^{24}Na	4-7	1 ч	$2,77 \cdot 10^6$	$9,10 \cdot 10^5$	55	56

Поскольку при облучении мишени нейтронным потоком помимо «основной» реакции, в ходе которой нарабатывается нуклид-источник, протекают «мешающие» реакции, в процессе использования источника гамма-излучения необходимо учитывать вклад в мощность дозы излучения от нуклидов, являющихся продуктами «мешающих» реакций, либо выдерживать источник после облучения для снижения мощности дозы от короткоживущих «мешающих» нуклидов. Пороговые детекторы облучались в кадмиевом экране, вследствие чего отсекались «мешающие» реакции, протекающие на тепловых нейтронах[2].

Для проведения измерений кратности ослабления мощности дозы γ -излучения защитными материалами использовалось специальное приспособление и измерительный прибор ДКС-АТ1123 («Дозиметр рентгеновского и гамма-излучения»). Принцип действия дозиметра основан на использовании высокочувствительного метода

сцинтилляционной дозиметрии с применением пластмассового детектора и фотоэлектронного умножителя. Диапазон измерений мощности дозы гамма-излучения составляет от 50 нЗв/ч до 10 Зв/ч, по энергии излучения – от 15 кэВ до 10 МэВ. Алгоритм работы прибора помимо оперативных показаний обеспечивает статистическую обработку результатов измерений и оценку статистических флуктуаций. При измерениях мощности дозы приборная ошибка составляла не более 1%.

Расстояние от чувствительной части измерительного прибора до источника гамма-излучения составляло 90 мм. Между источником излучения и чувствительным элементом прибора устанавливались образцы исследуемого защитного материала.

Измерение кратности ослабления мощности дозы гамма-излучения защитными материалами выполнено по схеме:

- 1) Измерение фонового значения мощности дозы гамма-излучения в помещении;
- 2) Измерение мощности дозы от «голого» источника гамма-излучения;
- 3) Измерение мощности дозы гамма-излучения от источника закрытого защитным материалом;
- 4) Расчет кратности ослабления мощности дозы гамма-излучения защитным материалом.

2 РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунках 1–3 в качестве примеров приведены результаты проведенных экспериментальных исследований зависимости кратности ослабления мощности дозы гамма-излучения (на примере изотопов ^{198}Au , ^{58}Co) от толщины защитного материала марки Абрисс наполнителями барит и свинец.

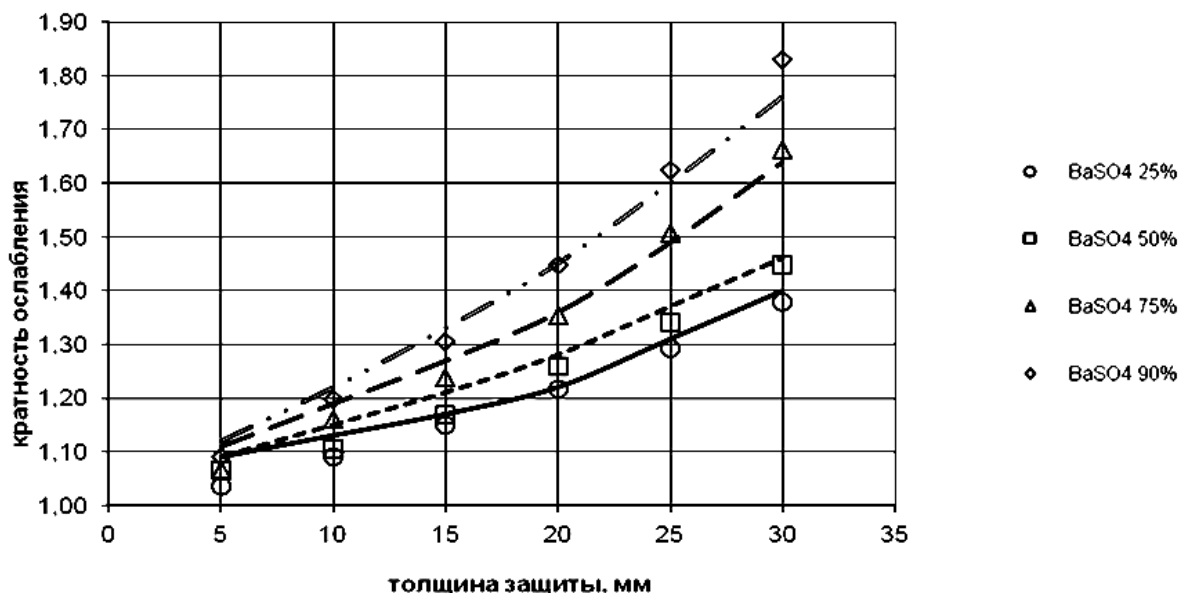


Рис. 1. – Экспериментальные зависимости кратности ослабления мощности дозы гамма-излучения (источники ^{198}Au) от толщины защитного материала марки Абрисс РЗнк-01 с наполнителем BaSO_4

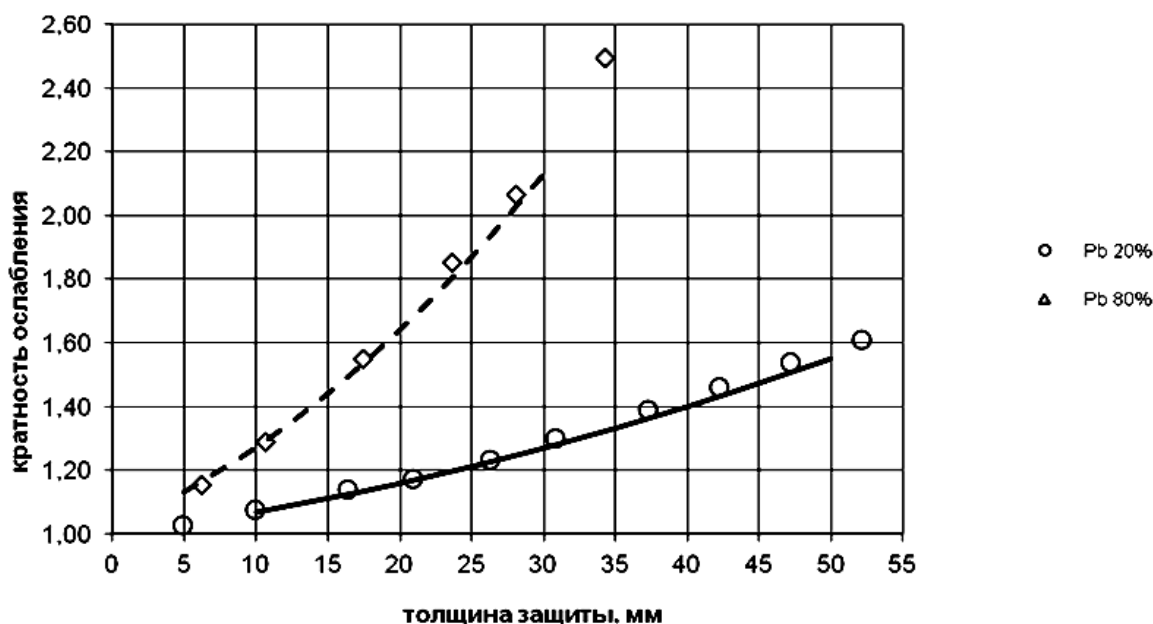


Рис. 2.– Экспериментальные зависимости кратности ослабления мощности дозы гамма-излучения (источники ^{58}Co) от толщины защитного материала марки Абрис РЗнк-02 с наполнителем Pb

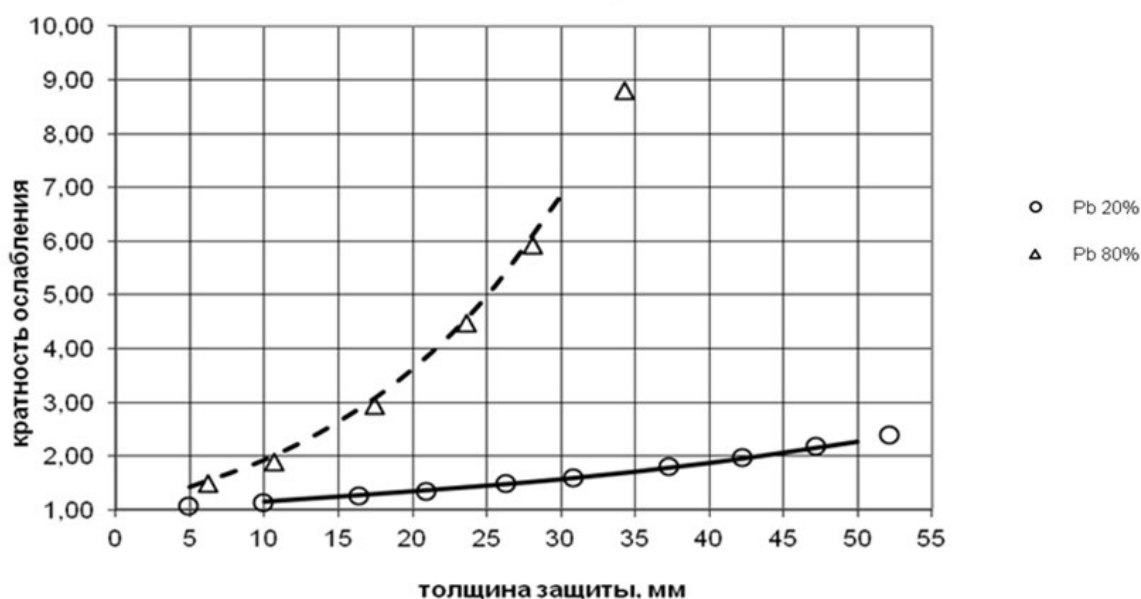


Рис. 3.– Экспериментальные зависимости кратности ослабления мощности дозы гамма-излучения (источники ^{198}Au) от толщины защитного материала марки Абрис РЗнк-02 с наполнителем Pb

Как следует из сравнения результатов исследования коэффициентов ослабления мощности дозы гамма-излучения защитными материалами марки Абрис РЗ имеется выраженная зависимость от энергии излучения, что подтверждают возможность реализации принципа оптимизации радиационной защиты путем проектирования защитных материалов с заданными свойствами применительно к конкретному радиоизотопному составу радиоактивных загрязнений, зависящему не только от типа реакторной установки, но и от срока ее эксплуатации.

В ряде случаев при планировании радиационно опасных работ используется концепция предельно допустимых доз (ПДД). В этом случае на основании необходимой кратности ослабления мощности дозы гамма-излучения в отдельных точках рабочей зоны и ограничений по толщине экранирующего материала

производится определение необходимой концентрации возможных наполнителей и сравнение стоимости защитных материалов.

Наличие в составе защитного материала Абрис РЗ легких химических элементов в сочетании с тяжелым наполнителем, а также положительные результаты предварительных испытаний материала по отношению к нейтронному излучению, проведенные в лабораторных условиях УрФУ [6], позволяют прогнозировать возможность эффективного использования данного материала для защиты от комбинированного нейтронного и гамма-излучения.

ВЫВОДЫ

1) В результате проведенных исследований определены оптимальные концентрации различных поглотителей (барита, свинца, вольфрама) для источников с энергиями γ -излучения от 0,4 до 3 МэВ.

2) Полученные результаты подтверждают возможность реализации принципа оптимизации радиационной защиты путем проектирования защитных материалов с заданными свойствами применительно к конкретному радиоизотопному составу радиоактивных загрязнений, зависящему не только от типа реакторной установки, но и от срока ее эксплуатации и определять состав поглотителей для ситуаций планируемого облучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ). Пер с англ. [Текст]/ Под общей ред. М.Ф. Киселёва и Н.К. Шандалы. – М.: Изд. ООО ПКФ «Алана», 2009.
2. Русских, И.М. и др. Экспериментально-теоретическое исследование органометаллических радиационно-защитных материалов, адаптированных к источникам излучения со сложным изотопным составом [Текст]/ И.М. Русских, Е.Н. Селезнев, О.Л. Ташлыков, С.Е. Щеклеин // Ядерная физика и инжиниринг. – 2014. – Т. 5. – №5. – С.449–455.
3. Ташлыков, О.Л. Дозовые затраты персонала в атомной энергетике. Анализ. Пути снижения. Оптимизация [Текст]/ О.Л. Ташлыков: монография. – Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. RG, 2011. – 232 с.
4. Ташлыков, О.Л. и др. О проблеме снижения дозовых затрат персонала АЭС [Текст]/О.Л. Ташлыков, С.Е. Щеклеин, В.И. Булатов, А.Г. Шастин// Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2011. – №1. – С.55–60.
5. Ташлыков, О.Л. и др. Оптимизация дозовых затрат в процессе глубокой модернизации блоков АЭС с целью продления срока эксплуатации (на примере замены парогенераторов ПГВ-1000) [Текст] / О.Л. Ташлыков, С.Е. Щеклеин, А.А. Кадников // Труды Одесского политехнического университета. – 2012. – Вып. 1(38). – С. 107–112.
6. Савченкова, Г.А. и др. Перспективы использования материалов серии Абрис для радиационной защиты персонала АЭС [Текст] / Г.А. Савченкова, Т.А. Артамонова, В.П. Савченков, О.Л. Ташлыков, С.Е. Щеклеин, И.М. Русских, Е.Н. Селезнев. // Сборник докладов восьмой международной научно-технической конференции 23-25 мая 2012 г. – М.: ОАО «Концерн Росэнергоатом», 2012. – С.504–508.
7. Briesmeister, Ed., “A General Monte Carlo N – Particle Transport code”, Los Alamos National Laboratory report, LA-12625-M, Version 4B (1997).
8. Практическая реализация методологии ALARA на АЭС [Текст]: методическое пособие. – М.: «Росэнергоатом», 1999. – 186 с.

REFERENCES

- [1] Publikaciya 103 Mezhdunarodnoj Komissii po radiacionnoj zashhite (MKRZ) [Publication 103 International Commissions on radiation protection (ICRP)]. Per s angl [Translation from English.]. Pod obshhej red. M.F. Kiselyova i N.K. Shandaly[Edited by M.F. Kiselyov and N.K. Shandala]. M. Pub. Izd. ООО ПКФ «Алана» [JSC publishing house “Alana” business concern], 2009. (in Russian)
- [2] Russkih I.M., Seleznev E.N., Tashlykov O.L., Shheklein S.E. Eksperimentalno-teoreticheskoe

- issledovanie organometallicheskih radiacionno-zashhitnyh materialov, adaptirovannyh k istochnikam izlucheniya soslozhnym izotopnym sostavom [Experimental and theoretical research the organometallicheskih of the radiation protective materials adapted for radiation sources with difficult isotope structure]. *Yadernayafizika i inzhiniring* [Nuclear physics and engineering], 2014, Vol. 5, №5, ISSN 2079-5629, DOI 10.1134/S207956291405008X, p. 449–455. (in Russian)
- [3] Tashlykov O.L. Dozovye zatraty personala v atomnojenergetike. Analiz. Putisnizheniya. Optimizaciya [Dose expenses of the personnel in nuclear power. Analysis. Ways of decrease. Optimization]: Monographia [monograph]. – Saarbrücken, Germany, Pub. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. RG, 2011, 232 p. (in Russian)
- [4] Tashlykov O.L., Shheklein S.E., Bulatov V.I., Shastin A.G. O problem snizheniya doz ovyyh zatrat personala AES [About a problem of decrease in dose expenses of the NPP personnel]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Yadernaya energetika* [News of higher education institutions. Nuclear power], 2011, №1, ISSN 0204-3327, p.55–60. (in Russian)
- [5] Tashlykov O.L., Shheklein S.E., Kadnikov A.A. Optimizaciya dozovyh zatrat v processe glubokoj modernizacii blokov AES s celyu prodleniya sroka ekspluatatsii (na primere zameny parogeneratorov PGV-1000) [Optimization of dose expenses in the course of deep modernization of blocks of the NPP for the purpose of extension of term of operation (on the example of replacement of PGV-1000 steam generators)]. *Trudy Odesskogo politexnicheskogo universiteta* [Works of the Odessa polytechnical university], 2012, Vypusk [Issue] 1(38), ISSN 2076-2429, p. 107–112. (in Russian)
- [6] Savchenkova G.A., Artamonova T.A., Savchenkov V.P., Tashlykov O.L., Shheklein S.E., Russkix I.M., Seleznev E.N., Savchenkova G.A., Artamonova T.A., Savchenkov V.P., Tashlykov O.L., Shheklein S.E., Russkix I.M., Seleznev E.N. Perspektivy ispolzovaniya materialov serii Abris dlya radiacionnoj zashhity personala AES [Prospects of use of materials of the Outline series for radiation protection of the NPP personnel]. *Sbornik докладов восьмой междunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii 23-25 maya 2012 g.* [Collection of reports of the eighth international scientific and technical conference on May 23-25, 2012.]. M. Pub. OAO «Koncern Rosenergoatom», 2012, p. 504–508. (in Russian)
- [7] Briesmeister, Ed., “A General Monte Carlo N – Particle Transport code”, Los Alamos National Laboratory report, LA-12625-M, Version 4B (1997). (in English)
- [8] Prakticheskaya realizaciya metodologii ALARA na AES [Practical realization of methodology of ALARA on the NPP]: metodicheskoe posobie [methodical manual]. M. Pub. «Rosenergoatom», 1999, ISBN 5-98298-264-4, 186 p. (in Russian)

Experimental Research Protection against Gamma Radiation of Organic and Metallic Compositions

**O.L. Tashlykov*, S.E. Shsheklein*, A.P. Chomjakov*,
I.M. Russkikh**, E.N. Seleznev****

*Ural Federal University, Ekaterinburg, Sverdlovsk region
JSC «Institute of Nuclear Materials», Zarechny, Sverdlovsk region
e-mail: otashlykov@list.ru*

Abstract – Potential of design of optimum structure of fillers of homogeneous radiation protective materials for the given isotope structure of radioactive pollution is shown. Pilot study results of the weakening ability of homogeneous radiation protective materials with various fillers in relation to gamma radiation are given.

Keywords: radiation protection optimization, frequency rate of weakening, homogenous radiation protective material.

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

УДК 621.039

**СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ
ЭЛЕКТРОПРИВОДНОЙ АРМАТУРЫ**

© 2015 г. Е.А. Абидова, О.В. Малик, Д.С. Гавриленко

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

В НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ была разработана Система обработки данных, являющаяся инструментом диагностирования электроприводной арматуры. Преимуществами данной системы являются: объединение в одной программе всех методов обработки сигналов, предусмотренных Методикой; возможность включения новых методов и алгоритмов обработки; повышение скорости и надежности получения результатов; автоматизация расчетов.

Ключевые слова: электроприводная арматура, система диагностики, огибающая, частотный анализ, фазово-плоскостной метод, спектр, кепстр.

Поступила в редакцию 15.05.2015

Электроприводная арматура (ЭПА), является наиболее распространенным объектом диагностирования на АЭС. Диагностику выполняет как Отдел технической диагностики АЭС, так и подрядные организации. НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ, выполняющий диагностику ЭПА НВАЭС, КЛНАЭС и БалАЭС, составил Методику диагностирования, утвержденную Концерном «Росэнергоатом».

В основу Методики лег анализ тока двигателя, потребляемого в процессе выполнения операций «открытие» и «закрытие». Анализ тока изначально предполагал использование стандартных методов, таких как выявление токово-временных параметров по огибающей и частотных параметров по спектру. В дальнейшем методика была дополнена новыми методами [1,2].

До недавнего времени обработка диагностических сигналов производилась с использованием разных специализированных и прикладных программ. Например, огибающую получали в программе Smooth или Krona. Спектр в программе PowerGraph или SpektrLab. Сравнение с результатами предыдущего диагностирования Excel или визуально. Такое разнообразие программ снижало наглядность представления результатов, увеличивало время обработки данных. Требовалось создать систему исключающую данные недостатки и удовлетворяющую основным требованиям, предъявляемым к программному обеспечению:

- Реализация методов диагностирования, предусмотренной Методикой.
- Представление данных, необходимых для диагностирования согласно Методике.
- Наглядность представления результатов.
- Возможность доработки, включения новых методов анализа.
- Скорость получения результатов.
- Простота использования.

Система, отвечающая настоящим требованиям, была разработана в НИИ АЭМ на

основе программного пакета LABVIEW (LV) и включает в себя отдельные четыре блока анализа данных: блок анализа огибающих, блок частотного анализа, блок сравнения, блок фазово-плоскостного анализа.

1 БЛОК АНАЛИЗА ОГИБАЮЩИХ

Огибающую получают для определения токово-временных параметров (рабочий ток, пусковой ток, токи срыва и затыга, плавности хода) и сравнения их с нормативными значениями. Значения параметров зависят от способа получения огибающей. Основными способами получения огибающей диагностических сигналов являются: огибающая «по максимумам», вычисление средне-квадратичного значения (СКЗ), огибающая методом Гильберта.

Наиболее простой способ – соединение максимумов исходной синусоиды. Полученные значения токов на пуске, на рабочем ходе на срыве и затыге точно соответствуют соответствующим значениям в исходном сигнале. Недостаток данного метода в том, что в расчетах используется малое количество точек исследуемого сигнала. Данный алгоритм расценивает любой перегиб на графике, в том числе, не совпадающий с максимумом синусоиды, как одну из точек огибающей, и такая огибающая может содержать искажения.

В огибающей, полученной методом среднеквадратичного значения, каждая точка вычисляется согласно формуле:

$$D = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} |X_i|^2}, \quad (1)$$

где X – отсчеты датчиков,
 n – число отсчетов.

Преимуществом данного способа является то, что в расчете участвуют все точки исследуемого сигнала.

Однако форма огибающей будет существенно зависеть от выбранного числа отсчетов. Критерий выбора числа отсчетов весьма не точен: рекомендуется выбрать число близкое к числу отсчетов сигнала, расположенных на одном полупериоде синусоиды. Несмотря на низкую точность, данный метод получил наибольшее распространение в диагностике.

В качестве преобразования для демодуляции сигнала используется фильтр на основе преобразования Гильберта. Преобразование Гильберта функции $Y_d(t)$ позволяет получить мнимую часть сигнала $\tilde{Y}_d(t)$ (рисунок 4). Для получения мнимой части производится смещение фазы всех периодических компонент сигнала на $\pi/2$:

$$\tilde{Y}_d(t) = H[Y_d(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{Y_d(u)}{\pi(t-u)} du \quad (2)$$

Результат преобразования используется для получения демодулированного сигнала:

$$Y_n(t) = [Y_d^2(t) + \tilde{Y}_d^2(t)]^{1/2} \quad (3)$$

Следует отметить, что огибающая, полученная с использованием фильтра Гильберта, вычисляется на основании всех отсчетов диагностического сигнала, при этом значения токов на пуске, на рабочем ходе на срыве и затыге точно соответствуют

соответствующим значениям в исходном сигнале. Однако данный способ получения огибающей используется реже, чем два предыдущих в силу относительной математической сложности.

Анализ огибающей в Системе предусматривает получение огибающей любым приведенным выше методом по выбору пользователя, при этом автоматически рассчитываются на выбранном участке рабочие токи, плавности хода, экстремумы.

На рисунке 1 показан фрагмент окна огибающих: на верхнем графике огибающая получена методом Гильберта, на нижнем – по максимумам. Видно, что во втором случае рабочий ток и плавность завышены.

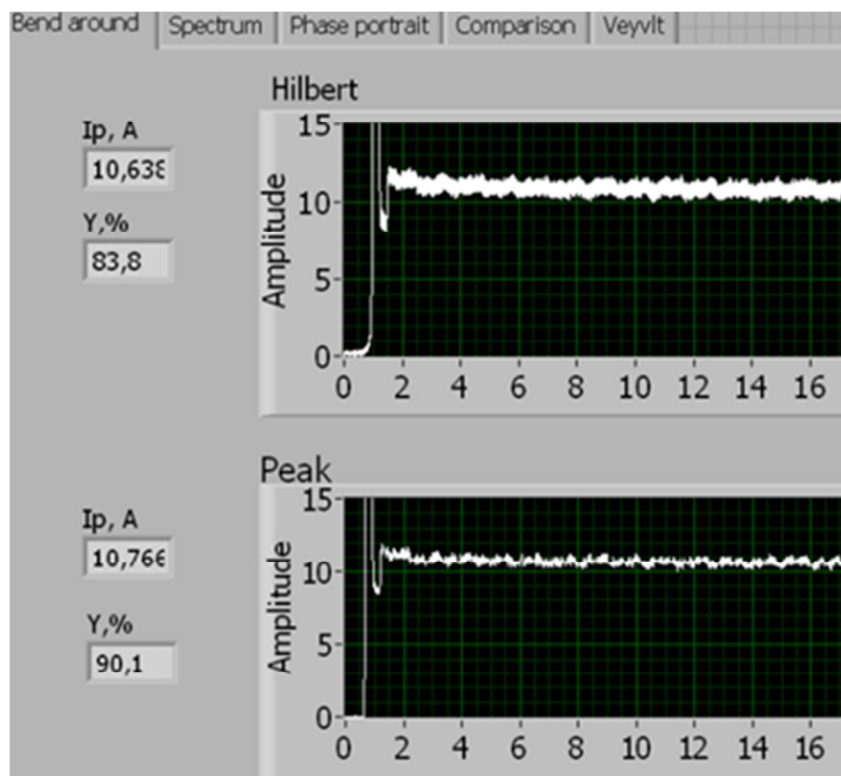


Рис. 1.– Блок анализа огибающих

2 БЛОК – ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ

Для более глубокого диагностирования с помощью Фурье-преобразования получают спектр сигнала и анализируют его частотный состав. При анализе спектров диагностических сигналов определяют принадлежность гармоник, оценивают их амплитуды, учитывая энергетические горбы и общий уровень шума. Во многих случаях обработка спектра диагностического сигнала, содержащего кратные гармоники, требует длительного и вдумчивого анализа или сложных алгоритмов обработки. Для исключения данных недостатков был внедрен новый метод частотного анализа – кепстральный анализ [3].

Суть кепстрального метода основана на замене в спектре оси частоты на ось времени, т.е. представлении этого спектра простым сигналом. Тогда, определив спектр этого "сигнала" можно определить в нем периодичности. Присутствующие в виде исходного спектра периодичности (кратные гармоники) являются гармоническими рядами. Вычисление спектра от спектра исходного сигнала дает возможность представить исходную спектральную информацию более компактно, когда каждый гармонический ряд

исходного спектра будет представлен всего одной (в идеале) составляющей в кепстре.

Идентификация диагностической информации по кепстру аналогична спектральному анализу: наличие и величину пиков на отдельных частотах соотносят с состоянием отдельных пар механизма на основании соответствия частоты проявления пика срабатыванию данных пар.

Многолетняя практика диагностирования показала, что кепстральный анализ – незаменимый инструмент при диагностировании состояния подшипников.

Окно частотного анализа позволяет визуализировать спектр сигнала, спектр огибающей и кепстр, которые рассчитываются на участке заданном пользователем.

На рисунке 1 показан фрагмент окна частотного анализа: на верхнем графике представлен спектр огибающей, на нижнем – кепстр. В кепстре проявилась скрытая периодичность, не выявляемая в исходном спектре, на частотах срабатывания кинематических пар 1 и 8 Гц.

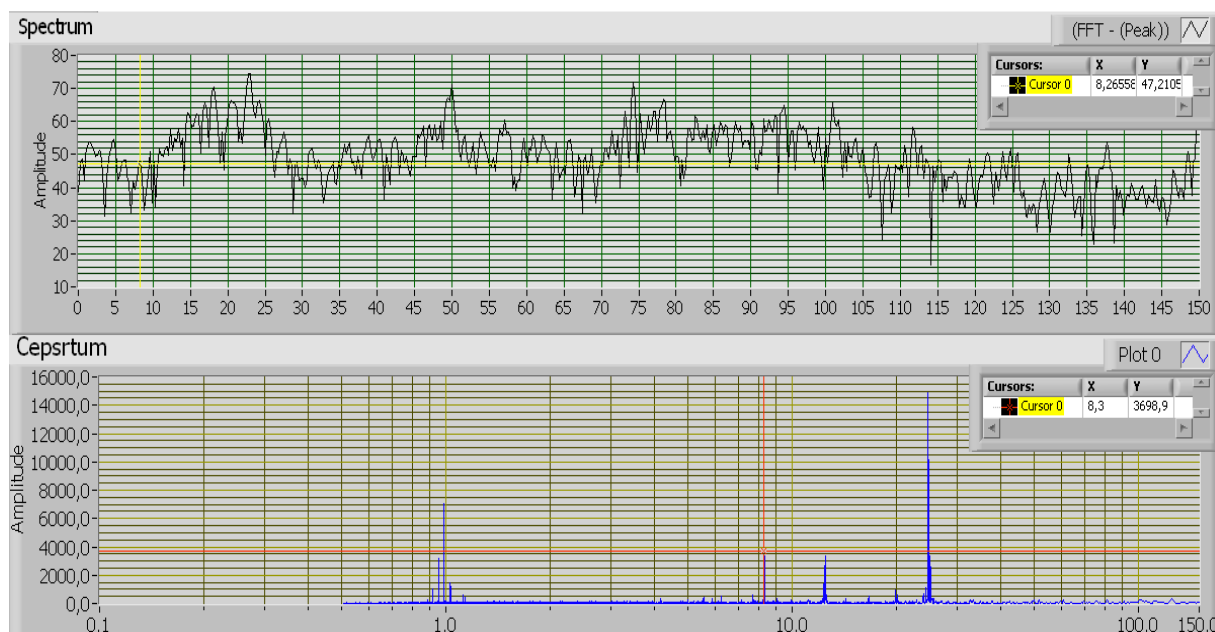


Рис. 2.– Блок частотного анализа

3 БЛОК – СРАВНЕНИЕ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ПРЕДЫДУЩИХ ИЗМЕРЕНИЙ

В ряде случаев необходимо установить тенденцию изменения состояния оборудования за определенный период, подтвердить улучшение состояния в результате ремонта, изменить категорию ремонта. Для этого производится сравнение текущих характеристик с полученными ранее.

В базе данных НИИ хранятся результаты измерений и анализа более чем за десять лет, что позволяет определить и тенденцию, и степень изменения объекта диагностирования [2, 3].

На рисунке 3 представлен фрагмент блока сравнения. В двух верхних окнах выводятся огибающие сигнала любого предыдущего измерения и анализируемого сигнала. Наглядным сопоставлением является наложение спектров. В качестве количественного выражения рассчитывается площадь, ограниченная графиками спектров. В приведенном примере продемонстрировано ухудшение состояния оборудования, проявляющееся в искажении формы огибающей (с тридцатой по пятидесятую секунды) и в росте амплитуд в спектре.

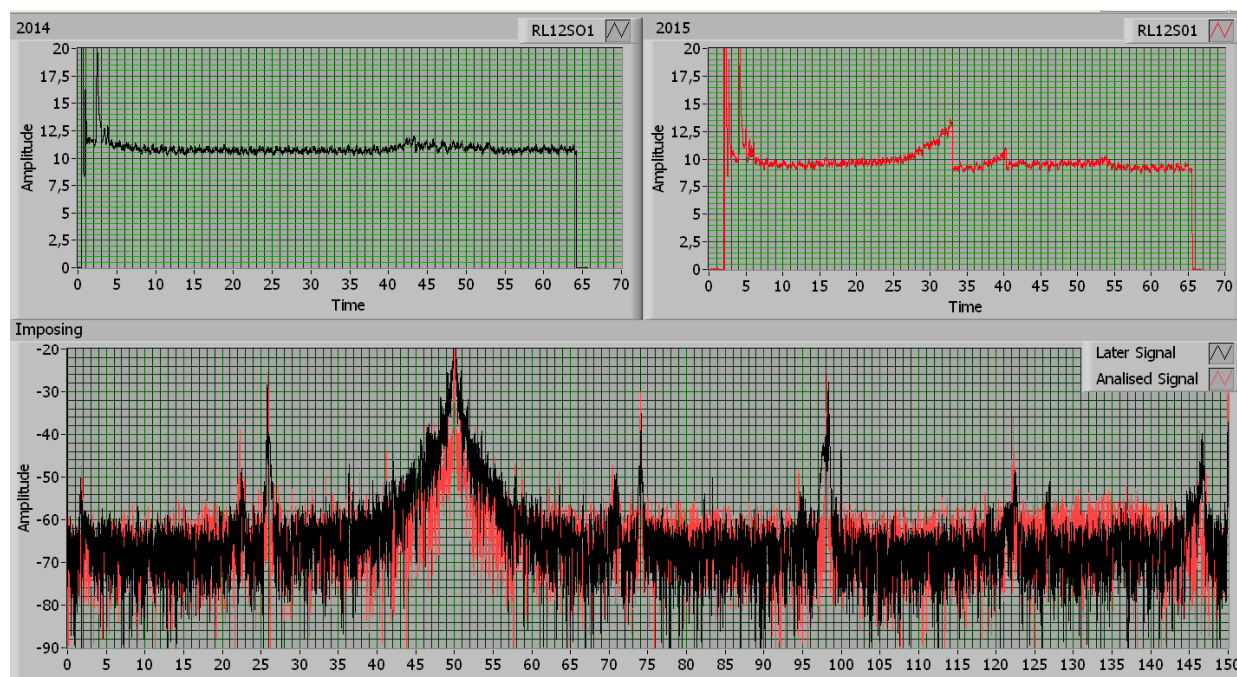


Рис. 3.– Блок сравнения

4 БЛОК ФАЗОВО-ПЛОСКОСТНОГО АНАЛИЗА

Фазово-плоскостной метод (ФПМ) – один из новых методов, внедренный НИИ АЭМ для диагностики ЭПА. Использование ФПМ обеспечило повышение чувствительности диагностирования, благодаря учету фазовых и динамических особенностей в исследуемом сигнале.

Метод основан на комплексном представлении колебаний. Для сигнала временной области (с помощью преобразования Гильберта) рассчитывается его комплексно-сопряженная (мнимая) составляющая. Совокупность действительной и мнимой части – аналитический сигнал: его проекция на комплексную плоскость называется фазовым портретом (ФП). Портрет отображает изменение состояния системы диагностирования за известный промежуток времени, поэтому является динамической характеристикой [4].

Окно позволяет вывести аналитический сигнал и рассмотреть его в различных проекциях. Наибольший интерес представляет проекция аналитического сигнала на комплексную плоскость ФП, который может быть рассчитан на любом участке сигнала.

На рисунке 4 представлен фрагмент блока фазово-плоскостного анализа. В приведенном примере из исходного сигнала вырезается интересующий участок: временная область с 1-ой по 4-ую секунду, частотная – от 1 до 200 Гц. Полученный на данном участке портрет характеризует переходный динамический процесс, протекающий в частично работоспособном оборудовании.

Таким образом, в НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ была разработана Система обработки данных, являющаяся инструментом диагностирования ЭПА и другого электроприводного оборудования. Преимуществами данной системы являются: объединение в одной программе всех методов обработки сигналов, предусмотренных Методикой; повышение скорости и надежности получения результатов; автоматизация расчетов. В ходе дальнейшей работы планируется автоматизировать все расчеты токово-временных параметров и создать окно вейвлет-анализа.

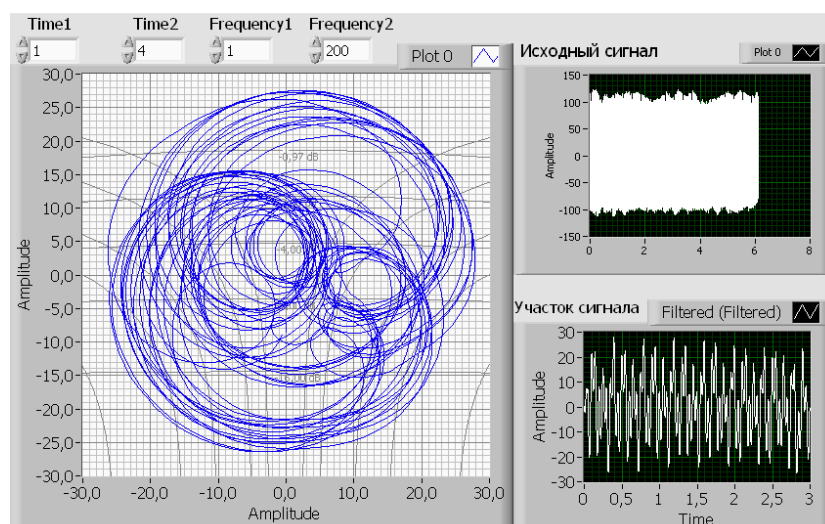


Рис. 4.– Блок фазово-плоскостного анализа

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пугачева, О.Ю. и др. Информационное обеспечение ремонтных технологий тепломеханического оборудования АЭС [Текст]/ О.Ю. Пугачева, Н.Н. Подрезов, В.Н. Никифоров//Современные технологии, оборудование, техническое оснащение и подготовка персонала для ремонтных работ в атомной энергетике: материалы конференции. – Нововоронеж, 2013. – С. 87–90.
2. Слепов М.Т. и др. Технологии анализа диагностических параметров электроприводной арматуры на действующих энергоблоках Нововоронежской АЭС [Текст] / М.Т. Слепов, Е.А. Абидова, В.Н. Никифоров, О.Ю. Пугачева // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2014. – №4 – С. 16–22.
3. Василенко С.В. и др. Методическое обеспечение процесса диагностики вращающихся электроприводных механизмов [Текст] / С.В. Василенко, Ю.Н. Елзов, В.Н. Никифоров, О.Ю. Пугачева // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2014. – №4. – С.33–36.
4. Абидова, Е.А. и др. Методы обработки информации в диагностических системах [Текст]/ Е.А. Абидова, А.В. Чернов : Учебное пособие. – Волгодонск: ВИТИ НИЯУ МИФИ, 2013. – 72 с.

REFERENCES

- [1] Pugacheva O.Yu., Podrezov N.N., Nikiforov V.N. Informacionnoe obespechenie remontnyx tekhnologij teplomexanicheskogo oborudovaniya AES [Information support of repair technologies of the heatmechanical equipment of the NPP]. Sovremennye tekhnologii, oborudovanie, texnicheskoe osnashhenie i podgotovka personala dlya remontnyx rabot v atomnoje'nergetike : materialy konferencii [Modern technologies, the equipment, hardware and preparation of the personnel for repair work in nuclear power: conference materials]. Novovoronezh, 2013, p. 87–90. (in Russian)
- [2] Slepov M.T., Abidova E.A., Nikiforov V.N., Pugacheva O.Yu. Tekhnologii analiza diagnosticheskikh parametrov elektroprivodnoj armatury na dejstvuyushhih energobloках Novovoronezhskoj AES [Technologies of the analysis of diagnostic parameters of electrodriving fittings on the operating power units of the New Voronezh NPP]. Elektrotexnicheskie komplekсы i sistemy upravleniya [Electrotechnical complexes and control systems], 2014, №4, ISSN 1990-5246, p. 16–22. (in Russian)
- [3] Vasilenko S.V., Elzhov Yu.N., Nikiforov V.N., Pugacheva O.Yu. Metodicheskoe obespechenie processa diagnostiki vrashhayushhixsya elektroprivodnyx mexanizmov [Methodical ensuring process of diagnostics of the rotating electrodriving mechanisms]. Elektrotexnicheskie komplekсы i sistemy upravleniya [Electrotechnical complexes and control systems], 2014, №4, ISSN 1990-5246, p. 33–36. (in Russian)
- [4] Abidova E.A., Chernov A.V. Metody obrabotki informacii v diagnosticheskikh sistemah [Information processing methods in diagnostic systems]: Uchebnoeposobie [Manual], Volgodonsk. Pub. VITI NIYaU MIFI [VETI NRNU “MEPhI”], 2013, 72 p. (in Russian)

System of Electrodriving Fittings Diagnostic Signals Processing

E.A. Abidova, O.V. Malik, D.S. Gavrilenko

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

Abstract – In scientific research institute NPE of VETI NRNU “MEPhI” the System of data processing which is the instrument of diagnosing of electrodriving fittings was developed. Advantages of this system are: association in one program of all methods of processing of the signals provided by the Technique; possibility of inclusion of new methods and algorithms of processing; increase of speed and reliability of receiving results; automation of calculations.

Keywords: the electrodriving fittings, system of diagnostics, envelope, the frequency analysis, phase and plane method, range, cepstrum.

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

УДК 620.9:004.896

**К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ И
БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ АЭС**

© 2015 г. В.А. Дунаев, Н.А. Лоншаков, В.А. Горбунов

*Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина,
Иваново, Ивановская обл.*

В данной статье рассматриваются проблемы поиска путей повышения эффективности и безопасности эксплуатации тепломеханического оборудования на основе анализа режимов работы оборудования АЭС и определение технически обоснованных норм расхода энергии. Для проведения анализа и повышение эффективности и безопасности работы оборудования рассматривается технология, основанная на нейросетевом моделировании. Приведена возможность использования технологии на примере одного из турбопитательных насосов блока № 2 Калининской АЭС.

Ключевые слова: турбопитательный насос, эффективность, безопасность, надежность, анализ, нейросетевые технологии, эксплуатация энергоблока, параметры работы, нормы расхода тепловой энергии.

Поступила в редакцию 10.06.2015

В соответствии с требованиями МАГАТЭ, приведенными в докладе «Ядерная безопасность и культура безопасности» ведущего специалиста по вопросам безопасности Департамента безопасности ядерных объектов МАГАТЭ Моники Хааге [1] безопасность АЭС включает три аспекта:

- общее понимание безопасности;
- действия и практика человека;
- аспект управления оборудованием.

Принятие мер по повышению эффективности работы тепломеханического оборудования может привести к снижению надежности установки, в особенности, когда отсутствуют режимные карты текущей его работы и не заданы пределы эффективного регулирования.

Для эффективного и безопасного управления оборудованием необходима специальная технология, которая позволит найти энергоэффективные режимы в безопасной области изменения регулируемых параметров в заданных пределах.

Вопрос о повышении эффективности эксплуатации оборудования тепловых и атомных станций является одним из наиболее актуальных вопросов, стоящих перед эксплуатирующими организациями. В связи с этим ОАО «Концерн Росэнергоатом» создал и внедрил систему энергетического менеджмента, отвечающего требованиям международного стандарта ISO 50001:2011 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению» [2].

Основной задачей энергоменеджмента является создание необходимых условий для сокращения финансовых затрат путем систематического:

- планирования;
- внедрения в эксплуатацию;

- мониторинга и внутреннего аудита;
- корректирующих и предупреждающих действий.

Исходя из данных тенденций было принято решение о создании инновационного инструмента, предназначенного для оценки эффективности эксплуатации турбопитательных насосных установок (ТПН) атомных станций, а также для их дальнейшего безопасного регулирования в целях повышения энергоэффективности и безопасности.

Основой данного инструмента является нейросетевая технология, которая позволяет:

- на основе теплотехнологических параметров, полученных непосредственно в процессе эксплуатации энергоблока, смоделировать процесс работы выбранного элемента или паротурбинной установки в целом;
- качественно и количественно спрогнозировать изменения выходных параметров модели (мощности, коэффициента полезного действия) от изменения входных параметров, построить режимные карты работы оборудования;

Апробация нейросетевого моделирования была успешно проведена в ИГЭУ для создания модели газовой утилизационной бескомпрессорной турбины (ГУБТ-25), ОАО «Северосталь», и паровой турбины ПТ-12-34/10 М, «Калужский турбинный завод» [3].

В настоящее время ведется работа по созданию эффективной нейросетевой модели питательных турбонасосных агрегатов блоков первой очереди КЛНАЭС.

1 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТПН БЛОКА ПЕРВОЙ ОЧЕРЕДИ КАЛИНИНСКОЙ АЭС

Турбопитательный насосный агрегат блока первой очереди КЛНАЭС состоит из следующих основных элементов:

- 1) приводная турбина ОК-12А;
- 2) главный питательный насос ПТ-3750-75;
- 3) предвключенный насос 400-QHD-spec;
- 4) редуктор Р-2;
- 5) эжектор основной ЭО-50;
- 6) эжектор пусковой ЭП-150/П.

Принципиальная тепловая схема ТПН приведена на рисунке 1.

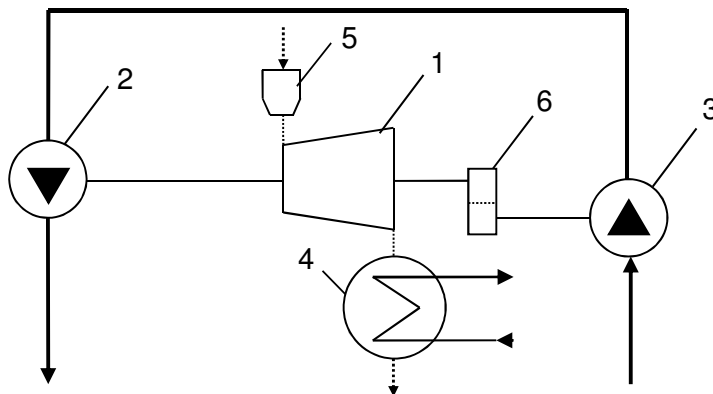


Рис. 1. – Питательный турбонасосный агрегат
 1 – паровая турбина ОК-12А; 2 – главный питательный насос ПТ-3750-75;
 3 – предвключенный насос 400-QHD-spec; 4 – конденсатор турбины;
 5 – стопорно-регулирующий клапан; 6 – редуктор Р2

Турбина имеет два выхода. Конденсатор приводной турбины имеет два входа по циркуляционной воде.

Замеры параметров для обучения нейросетевой модели производились в период с 1.01.2014 по 31.12.2014, интервал между замерами составлял 2 часа.

На основе параметров были созданы две нейросетевые модели по расчёту эффективности работы ТПН и удельных затрат тепловой энергии пара на перекачку питательной воды.

2 ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Нейросетевая модель является адекватной в принятом диапазоне параметров, снятых с реального агрегата. Диапазоны параметров приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Диапазоны параметров

Наименование параметра	Диапазон изменения
Давление питательной воды на входе в бустерный насос, МПа (кгс/см ²)	0,85 — 0,92 (8,35 — 9,09)
Давление питательной воды на входе в главный питательный насос, МПа (кгс/см ²)	2,38 — 3,56 (23,3 — 34,9)
Давление питательной воды на выходе из главного питательного насоса, МПа (кгс/см ²)	7,39 — 8,69 (72,5 — 85,2)
Расход питательной воды за питательным турбонасосным агрегатом, кг/с (т/ч)	433 — 952 (1560 — 3430)
Температура питательной воды за питательным турбонасосным агрегатом, °С	162 — 165
Расход пара на приводную турбину, кг/с (т/ч)	12,1 — 20,0 (43,6 — 72,0)
Давление пара перед стопорным клапаном, МПа (кгс/см ²)	0,80 — 0,94 (7,86 — 9,20)
Давление пара за регулирующим клапаном, МПа (кгс/см ²)	0,34 — 0,62 (3,34 — 6,08)
Температура пара на выходе из приводной турбины, °С	26,4 — 43,0
Вакуум в конденсаторе приводной турбины, МПа (кгс/см ²)	-0,09 — -0,10 (-0,88 — -1,00)
Температура пара в конденсаторе приводной турбины, °С	18,2 — 41,3
Температура охлаждающей воды на входе в конденсатор приводной турбины, °С	6,00 — 31,2
Температура охлаждающей воды на выходе из конденсатора приводной турбины, °С	11,7 — 37,5
Температура пара перед главной паровой задвижкой, °С	174 — 229

Входные данные анализировались, и подбирались комплексы из параметров для упрощения моделирования.

За целевые функции были приняты эффективность работы турбопитательного насоса, как отношение энергии, полученной питательной водой к полной тепловой энергии, подводимой к приводной турбине с учетом потерь тепловой энергии в

конденсаторе. Приведенные в таблице 1 параметры были переведены в удобные единицы измерения для получения необходимых характеристик. Эффективность ТПН определяется по следующей формуле (1):

$$\eta = \frac{Q_e \cdot v \cdot (p_{\text{нап}} - p_{\text{вс}})}{Q_n \cdot (h_0 - ct_{\kappa}^{\text{н}})}, \quad (1)$$

где Q_e – расход воды, кг/с;

v – удельный объем воды, м³/кг;

$p_{\text{нап}}$, $p_{\text{вс}}$ – давление на напоре и на всасе насоса, Па;

Q_n – расход пара на приводную турбину, кг/с;

h_0 – энтальпия пара перед стопорно-регулирующими клапанами турбины, кДж/кг;

$ct_{\kappa}^{\text{н}}$ – энтальпия насыщения конденсата пара при давлении в конденсаторе, кДж/кг.

Значение эффективности работы ТПН за данный период изменялось от 9,81% до 16,0%.

Помимо эффективности определялся удельный расход тепловой энергии пара на перекачку единицы расхода питательной воды. Удельный расход тепловой энергии пара определяется по формуле (2):

$$q = \frac{Q_n \cdot (h_0 - ct_{\kappa}^{\text{н}})}{Q_e}, \text{ кДж/кг}. \quad (2)$$

Значение удельного расхода тепловой энергии пара на ТПН за данный период изменялось от 48,5 до 73,4 кДж/кг.

Преимущество нейросетевых моделей по сравнению со статистическими нелинейными моделями заключается в том, что разработчику можно не определять вид зависимостей между входными и выходными параметрами. В процессе многократного обучения модели нейросеть сама определяет зависимости в процессе многократных обучений модели, что упрощает задачу разработчика.

При обучении необходимо выбрать несколько параметров создаваемой нейронной сети, такие как число слоев между входными и выходными параметрами, число нейронов в каждом слое, метод обучения, число циклов обучения и количество эпох обучения в цикле [3]. Таким образом, обучение проводится многократно вплоть до подбора наиболее подходящих настроек нейросети.

После обучения необходимо верифицировать правильность зависимостей выходных параметров от входных, а также на основе данных, не задействованных в обучении модели, задать тестовые выборки входных параметров и определить максимальную погрешность расчета. При неудовлетворительном результате (физически неверные зависимости или большая погрешность) необходимо вернуться к обучению модели, пока не будут достигнуты адекватность и максимально возможная точность модели.

В результате была получена приемлемая погрешность расчета. Для эффективности ТПН максимальная погрешность составила менее 3%. Для удельных затрат тепловой энергии пара на ТПН 2%, что позволяет говорить об адекватности нейросетевой модели.

Применение качественно обученной нейросетевой модели позволяет разработать режимные карты по эксплуатации оборудования и определить технические обоснованные нормы расхода тепловой энергии рабочего тела на перекачку питательной воды.

3 ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСЧЕТА В ПРОГРАММЕ

Обученная модель оформляется в виде программы.

Данная программа способна рассчитывать эффективность ТПН и удельные затраты тепловой энергии пара на ТПН при любой комбинации входных данных (рис. 2).

Рис. 2. – Окно программы для определения расчетных величин

Главной особенностью программы является возможность определения зависимости целевых функций от варьируемых параметров в заданном диапазоне. Полученные графики можно строить совместно, либо отдельно для эффективности ТПН и для удельного расхода тепловой энергии пара на ТПН в соответствующем масштабе (рис. 3).

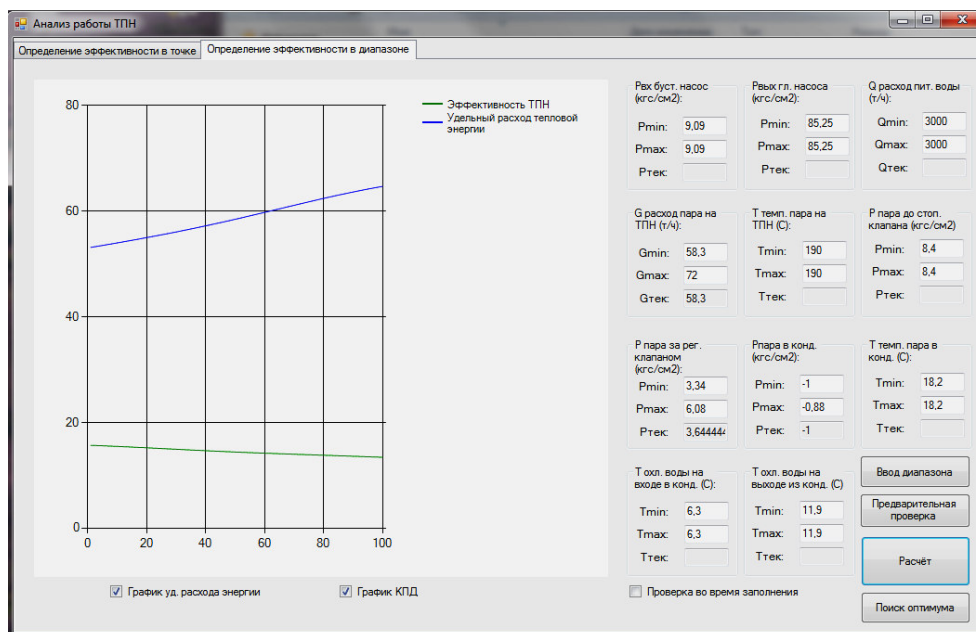


Рис. 3. – Окно программы для определения расчетных величин в диапазоне исходных данных

Также можно выбрать любую точку в диапазоне исходных данных (0-100% от диапазона) на графике и определить входные параметры, соответствующие этой точке.

Обученная нейросетевая модель, встроенная в программу, способна экстраполировать расчетные графики за границы экспериментального диапазона параметров. При вводе исходных данных, лежащих вне принятого диапазона, программа также рассчитает эффективность на всём диапазоне, но здесь надо учитывать, что точность таких расчетов может быть ниже (рис. 4).

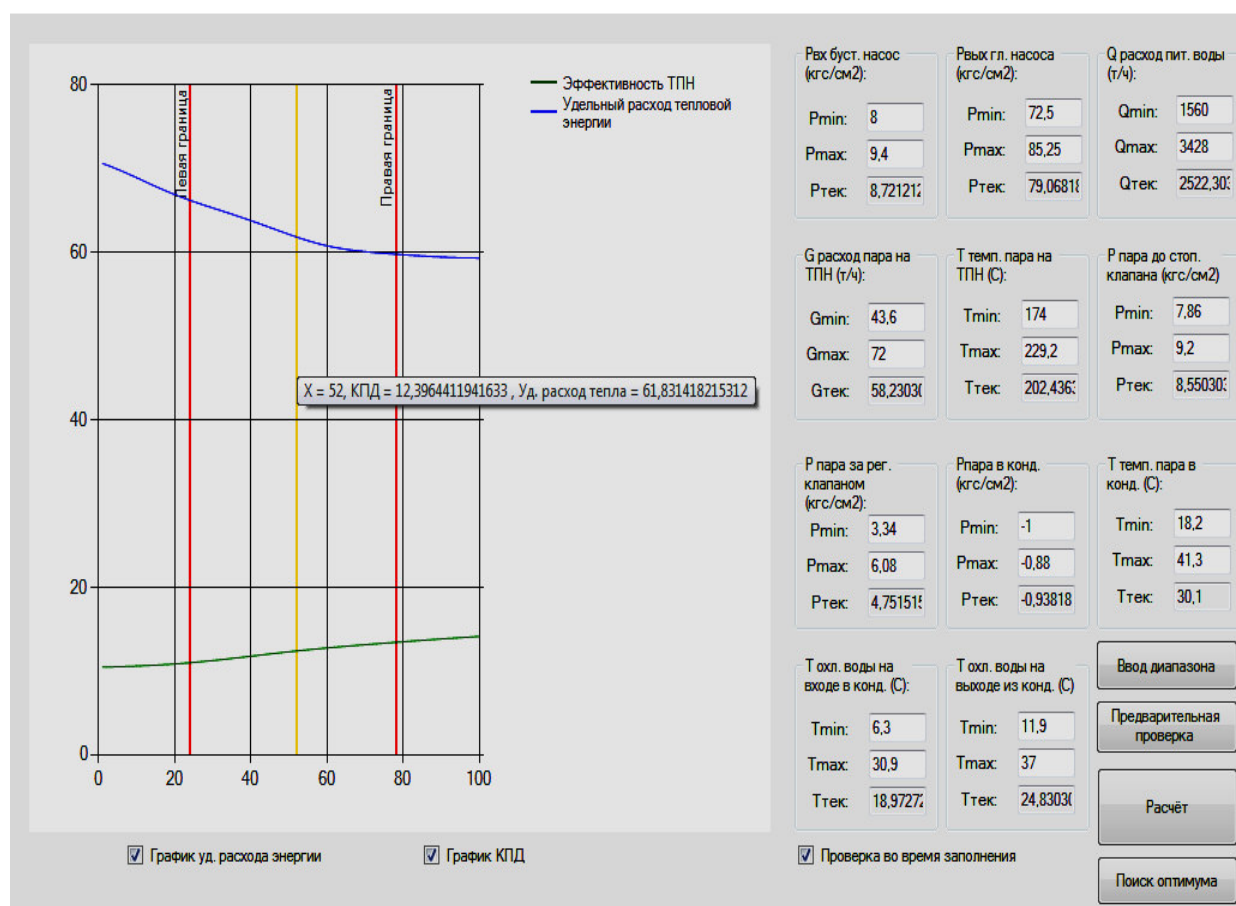


Рис. 4. – Экстраполяция расчетных графиков за пределы экспериментального диапазона исходных данных

Помимо этого существуют ограничения по вводу входных данных, которые выходят из диапазона экспериментальных параметров или оказываются некорректными, что позволяет исключить вероятность неверного расчета выходных параметров. Присутствует возможность проверить введенные данные по нажатию на кнопку «Предварительная проверка».

Очень важной особенностью программы, которая в данный момент активно дорабатывается, является поиск оптимума. Необходимо ввести диапазон давления пара за регулирующими клапанами, расхода пара на турбину, давления в конденсаторе при остальных постоянных параметрах. После нажатия на кнопку «Поиск оптимума», программа начнет перебирать всевозможные комбинации перечисленных трех параметров, и в результате выведет наибольшую эффективность целевой функции для самой выигрышной комбинации входных параметров (рис. 5).

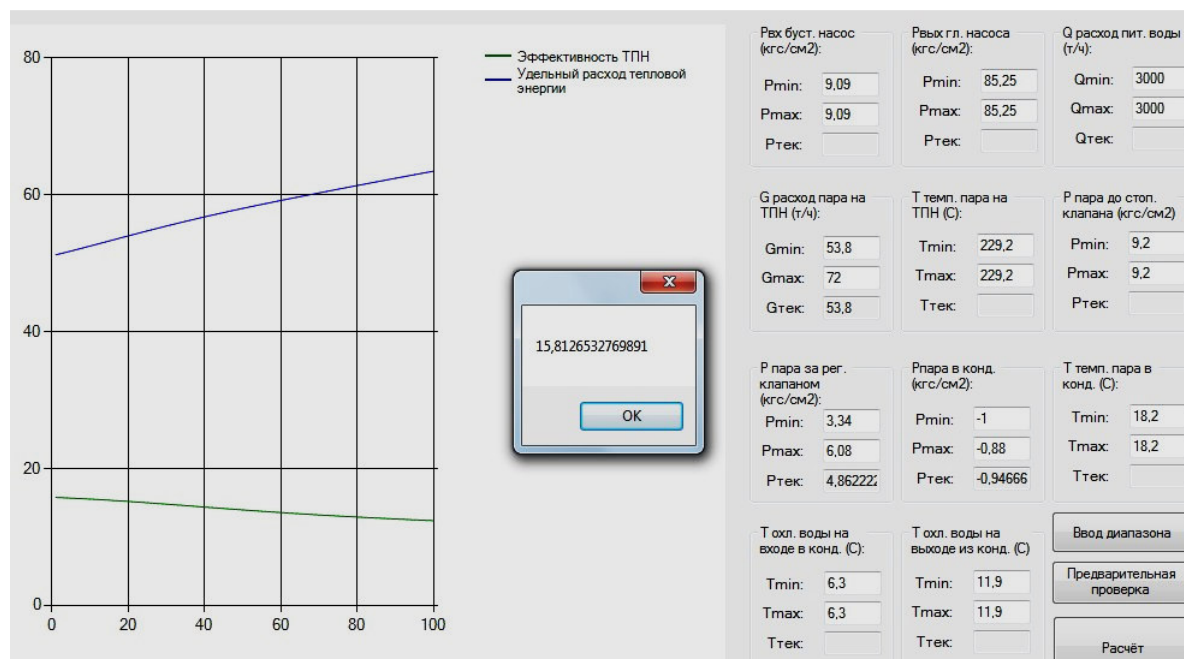


Рис. 5. – Поиск оптимума

ВЫВОДЫ

В результате проведенной работы были получены две нейросетевые модели и разработана программа для расчёта эффективности и удельных затрат тепловой энергии пара на ТПН-1. Тестирование показало адекватность созданных моделей. Максимальная погрешность составила 3% по эффективности и 2% по удельным затратам тепловой энергии пара. Гарантированно точные результаты получаются в заданном диапазоне исходных данных. Конечным продуктом является программа, позволяющая строить графики изменения эффективности и удельных затрат тепловой энергии пара на ТПН.

В будущем планируется реализовать возможность построения режимных карт по эксплуатации турбопитательного насоса и получения технически обоснованных норм расхода тепловой энергии пара на перекачку питательной воды.

Благодаря разработанной программе появляется возможность анализировать работу ТПН в реальном времени и находить режимы с наибольшей экономичностью, что может позволить персоналу АЭС определять эффективный режим турбопитательного насоса при отклонениях в режимах его работы. Это, в свою очередь, способствует повышению энергоэффективности работы ТПН и энергосбережению первичной энергии, что соответствует документу [2]. При накоплении должного массива экспериментальных данных разработанная технология позволит строить модели определения надежности работы тепломеханического оборудования АЭС. Программный комплекс может выполнять роль экспертной системы для обслуживающего персонала тепломеханического оборудования АЭС.

По предварительным расчётам при применении разработанной технологии экономия тепловой энергии пара на ТПН-1 за один год составит до 13000 Гкал.

Согласно «Методике энергетического анализа» [4] в состав энергетического баланса АЭС входит расход тепловой энергии на собственные нужды турбин (питательные турбонасосы и турбины). Данный инструмент в виде программы может позволить снизить и оптимизировать расход тепла на собственные нужды, что повысит общую экономичность энергоблока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хааге, Моника. Ядерная безопасность и культура безопасности [Текст] / Моника Хааге : доклад. – МАГАТЭ: АТОМЭКСПО, 2015.
2. Стратегические цели и цели в области энергоэффективности на среднесрочную перспективу : приложение №2 к приказу ОАО «Концерн Росэнергоатом» от 15.11.2013 № 9/1055-П [Текст].
3. Горбунов, В.А. Использование нейросетевых технологий для повышения энергетической эффективности теплотехнологических установок [Текст] / В.А. Горбунов. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2011. – 475 с.
4. Приложение №15 к документу СЭНМ «Методика энергетического анализа», утвержденному приказом ОАО «Концерн Росэнергоатом» от 30.01.2014 №9/83-П [Текст].

REFERENCES

- [1] Хааге Моника. Yadernaya bezopasnost i kultura bezopasnosti [Nuclear safety and culture of safety] : doclad [report]. MAGATE [IAEA]. Pub. ATOMEKSPO [ATOMEKSPO], 2015. (in English)
- [2] Strategicheskie celi i celi v oblasti energoeffektivnosti na srednesrochnuyu perspektivu [Strategic objectives and the purposes in energy efficiency area on medium-term prospect:]. Prilozhenie №2 k prikazu ОАО «Koncern Rose'nergoatom» ot 15.11.2013 №9/1055-P [appendix № 2 to the order of JSC Rosenergoatom Concern of 15.11.2013] (in Russian)
- [3] Gorbunov V.A. Ispolzovanie nejrosetevyh texnologij dlya povysheniya energeticheskoy effektivnosti teplotexnologicheskix ustanovok [Use of neural network technologies for increase of power efficiency of heattechnological installations]. Ivanovo. Pub. Ivanovskij gosudarstvennyj energeticheskix universitet im. V.I. Lenina [The Ivanovo state power university of V. I. Lenin], 2011, ISBN 978-5-89482-793-3, 475 p. (in Russian)
- [4] Prilozhenie №15 k dokumentu SENM «Metodika energeticheskogo analiza», utverzhdennomu prikazom ОАО «Koncern Rosenergoatom» ot 30.01.2014 №9/83-P [The appendix № 15 to the document SENM "Technique of the Power Analysis" approved by the order of JSC Rosenergoatom Concern of 30.01.2014 No. 9/83-P] (in Russian)

About Improving the Efficiency and Safety of NPP Thermal and Mechanical Equipment

V.A. Dunaev, N.A. Lonshakov, V.A. Gorbunov

*Ivanovo State Power Engineering University,
34 Rabfakovskaya St., Ivanovo, Ivanovo region, Russia 153003
e-mail: office@ispu.ru*

Abstract - This article discusses the problem of finding ways to improve the operational efficiency and safety of thermal and mechanical equipment on the basis of the analysis of modes of NPP equipment and determination of technically based rate of use energy. For analyze and improve the performance and safety of the equipment A technology based on neural network modeling is considered for analyze and improve the performance and safety of the equipment. The possibility of the using the technology as an example of one of the turbine drive feed water pumps Kalinin NPP power unit № 2.

Keywords: turbine drive feed water pump, efficiency, safety, analysis, reliability, neural network technology, operation of power generating unit, operating parameters, rate of heat energy using.

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

УДК 624.04.45.001.3

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ
ЭНЕРГБЛОКА № 3 РОСТОВСКОЙ АЭС**

**© 2015 г. В.Н. Медведев^{*}, Александр С. Киселев^{*}, Алексей С. Киселев^{*},
А.Н. Ульянов^{*}, В.Ф. Стрижов^{*}, А.А. Сальников^{**}**

^{*} *Институт проблем безопасного развития атомной энергетики, Москва*

^{**} *Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская АЭС», г. Волгодонск, Ростовская обл.*

В работе приводится оценка напряженно-деформированного состояния защитной оболочки энергоблока № 3 Ростовской АЭС с момента окончания преднапряжения до начала приемо-сдаточных испытаний.

Ключевые слова: защитная оболочка, АЭС, арматурные канаты, бетон, напряжения, усилия.

Поступила в редакцию 11.05.2015

ВВЕДЕНИЕ

Основными воздействиями, формирующими напряженно-деформированное состояние (НДС) защитной оболочки в период приемо-сдаточных интегральных испытаний оболочки на прочность и плотность избыточным давлением являются:

- собственный вес железобетонной защитной оболочки;
- усилия от предварительного напряжения арматурных канатов СПЗО;
- избыточное давление под оболочкой;
- распределение температуры по толщине стенки оболочки, обусловленное колебанием температур внутри и снаружи сооружения.

Оценка эксплуатационной пригодности сооружения выполнялась в соответствии «Программой натурных наблюдений за защитной оболочкой энергоблока №3 Ростовской АЭС в период возведения, преднапряжения, приемо-сдаточных испытаний и эксплуатации» [Л. 1]. При этом использовались проектные критерии оценки НДС в период приемо-сдаточных испытаний защитной оболочки внутренним избыточным давлением:

- измеренные величины приращений растягивающих напряжений в бетоне от избыточного давления не должны превышать соответствующих величин приращения сжимающих напряжений от преднапряжения оболочки по абсолютной величине;
- совместность работы продольной стержневой арматуры и бетона оболочки (равенство деформаций бетона и стержневой арматуры);
- упругая работа защитной оболочки (пропорциональность изменения приращений измеряемых напряжений в стержневой арматуре и относительных деформаций бетона от изменения избыточного давления);
- величина растягивающих напряжений в стержневой арматуре в моментных зонах не должна превышать R_s в продольной и R_{sw} в поперечной арматуре;
- ширина раскрытия поверхностных трещин на наружной поверхности бетона оболочки после сброса давления не должна превышать 0,3 мм [Л. 2];
- отсутствие зафиксированного разрушения строительных конструкций (деталей СПЗО, облицовки бетона) защитной оболочки и ее связей с внутренним оборудованием.

1 ОЦЕНКА НДС ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ В ПЕРИОД ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Оценка НДС защитной оболочки в период приемо-сдаточных испытаний произведена по следующим данным:

- по показаниям датчиков контрольно-измерительной аппаратуры (КИА), установленных в защитной оболочке 3-го энергоблока Ростовской АЭС в период строительства;
- по показаниям датчиков силы ПСИ-01, установленных на анкерах армоканатов системы преднапряжения защитной оболочки;
- по результатам измерений перемещений стенки защитной оболочки при помощи датчиков типа ПЛПС, установленных в средней части цилиндра защитной оболочки на отметке 36,9 м;
- по результатам измерений геометрических параметров защитной оболочки геодезическими методами;
- по результатам измерения температуры внутри и снаружи защитной оболочки энергоблока, включая температуру на поверхности бетона и окружающей среды.

Приемо-сдаточные испытания защитной оболочки 3-го энергоблока Ростовской АЭС проводились с 08.08.2014 по 14.08.2014 года.

График изменения давления в защитной оболочке в период приемо-сдаточных испытаний на прочность и герметичность приведен на рисунке 1.

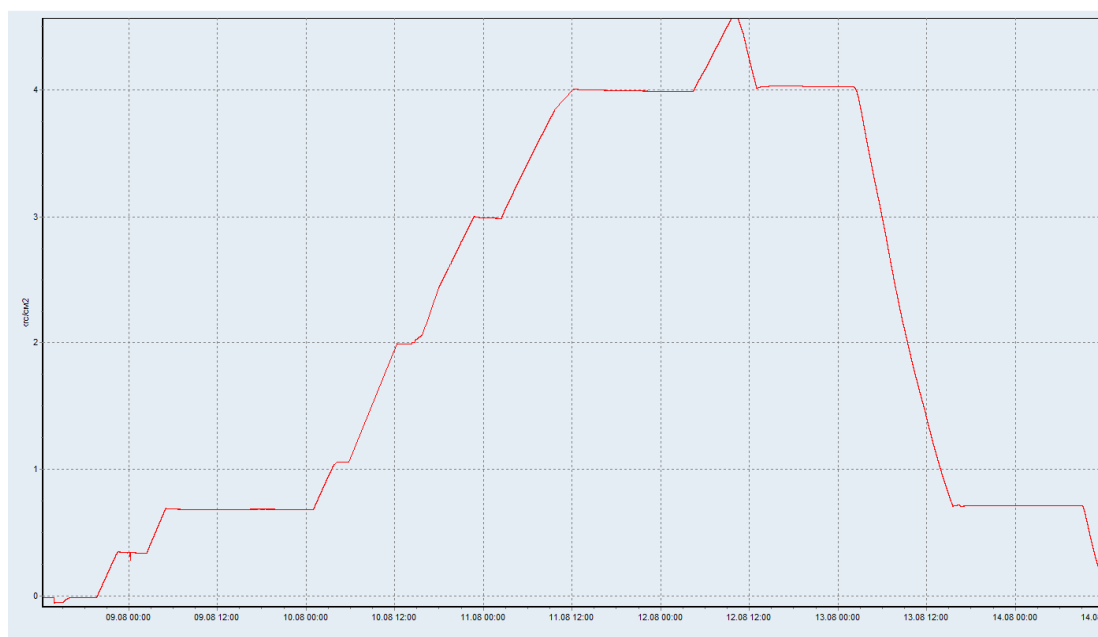


Рис. 1. – График изменения давления (кг/см^2) в защитной оболочке в период приемо-сдаточных испытаний на прочность и герметичность

1.1 ОЦЕНКА НДС ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ПО ПОКАЗАНИЯМ ДАТЧИКОВ КИА

Оценка НДС защитной оболочки приводилась по показаниям датчиков, установленных в защитной оболочке 3-го энергоблока Ростовской АЭС, представленных в виде графиков изменения напряжений в стержневой арматуре,

деформаций в бетоне и температуры в зависимости от времени.

В подавляющем большинстве случаев показания приборов после снятия нагрузки возвращались в исходное состояние, а максимальные показания соответствовали максимальной нагрузке (рисунки 2-3). Исключение составляли приращения показаний приборов, располагаемых в особых точках конструкции, где за счет моментных составляющих действующих усилий происходили неупругие деформации. Главным образом в цилиндрической части, на отметках близких к опорному кольцу и к основанию цилиндра, а в купольной части в зонах, располагаемых на радиусах 6 и 12 метров от оси оболочки (рисунок 4).

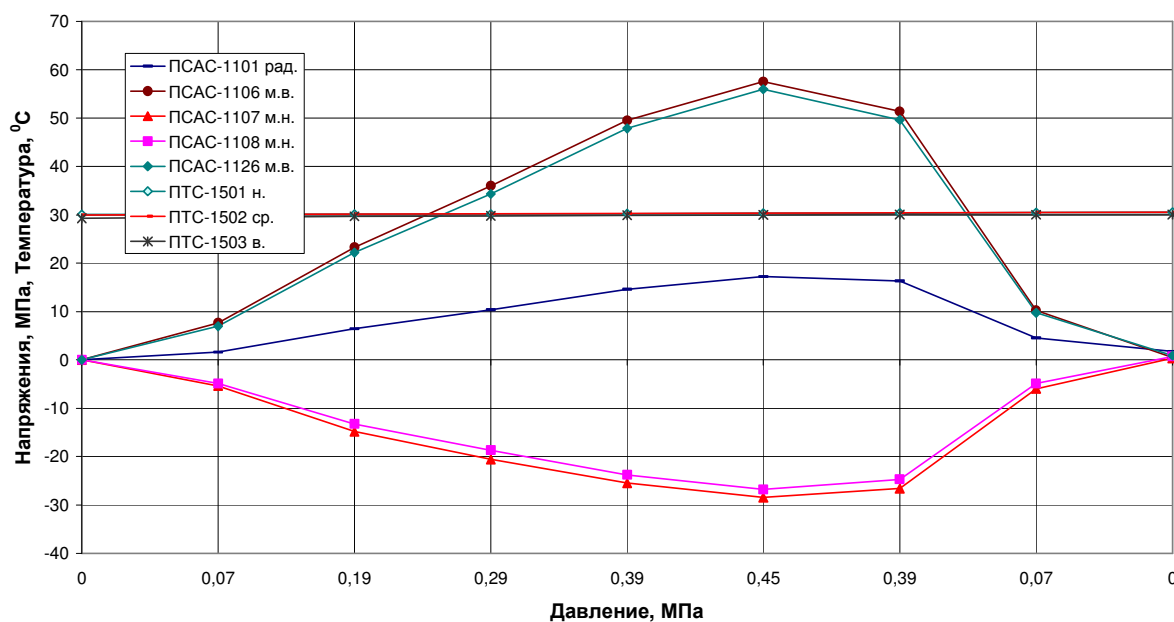


Рис. 2. – Приращение напряжений в меридиональной стержневой арматуре и измерения температуры в бетоне в период прямо-сдаточных испытаний защитной оболочки, створ №1, отметка 13,2 м

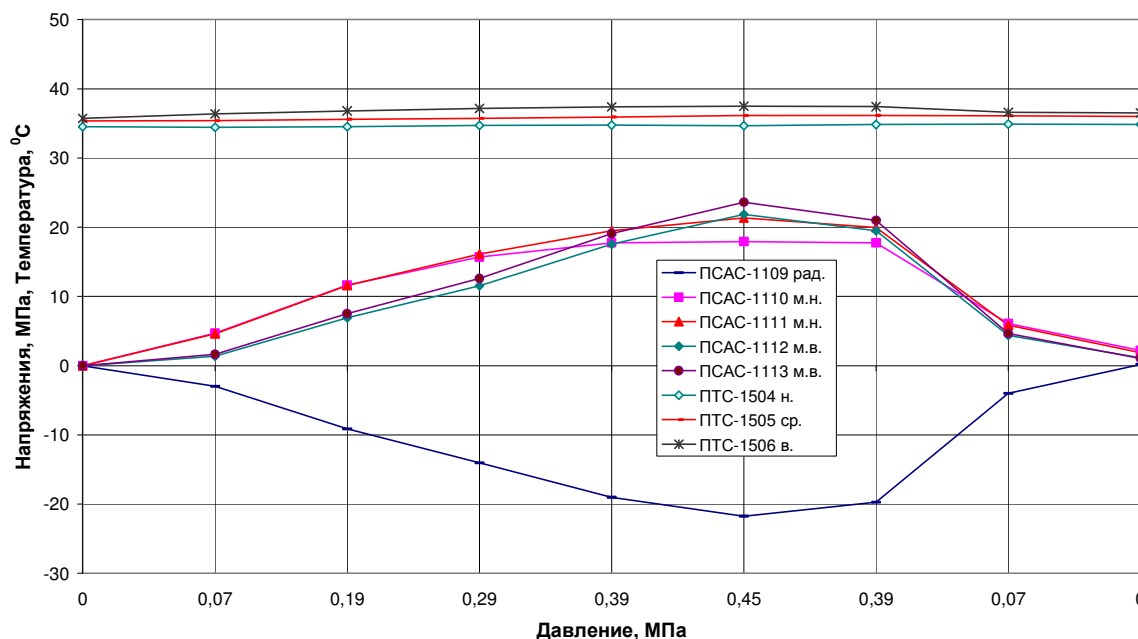


Рис. 3. – Приращение напряжений в меридиональной стержневой арматуре и измерения температуры в бетоне в период прямо-сдаточных испытаний защитной оболочки, створ №1, отметка 32,6 м

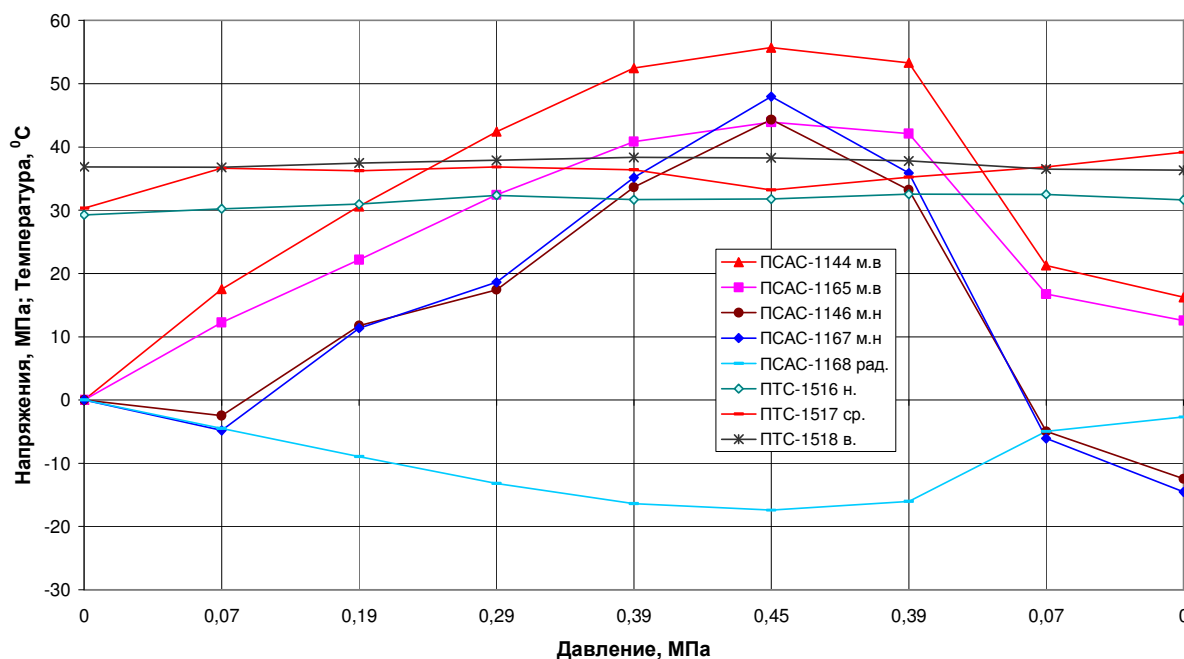


Рис. 4. – Приращение напряжений в меридиональной стержневой арматуре и измерения температуры в бетоне в период прямо-сдаточных испытаний защитной оболочки, створ №1, купол, R=6 м

Таким образом, характер приращений напряжений в стержневой арматуре в период прямо-сдаточных испытаний защитной оболочки показал, что конструкция работает в упругой стадии, т.к. после снятия нагрузки показания приборов возвращаются в исходное нулевое состояние. Это позволяет утверждать, что защитная оболочка удовлетворяет проектным критериям оценки НДС в период прямо-сдаточных испытаний.

Поскольку после снятия нагрузки от внутреннего давления показания приборов возвращаются в исходное нулевое состояние, можно говорить о совместности работы продольной стержневой арматуры и бетона оболочки (равенство деформаций бетона и стержневой арматуры).

1.2 ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ УСИЛИЙ В АРМОКАНАТАХ СПЗО ПО ПОКАЗАНИЯМ ДАТЧИКОВ СИЛЫ ПСИ-01

Результаты измерений усилий в армоканатах защитной оболочки при испытаниях на герметичность и прочность показали:

- датчики силы ПСИ-01 работали стабильно, что свидетельствует о надежной работе;
- отсутствуют отказы в работе армоканатов СПЗО, что свидетельствует об их надежности;
- практически отсутствуют изменения усилий на тяжных анкерах армоканатов в зависимости от величины внутреннего давления в защитной оболочке, поскольку действуют силы трения покоя между армоканатом и каналообразователем и отсутствуют изменения геометрии оболочки в прианкерной зоне.

В качестве примера в таблице № 1 приведены результаты измерений усилий в отдельных армоканатах купола защитной оболочки при испытаниях на герметичность и прочность.

Таблица 1. – Результаты измерений усилий в отдельных армоканатах купола защитной оболочки при испытаниях на герметичность и прочность

№ Армоканата	Дата 08.08.14, давление 0,0 МПа Усилие, тс	Дата 10.08.14, давление 0,07МПа Усилие, тс	Дата 10.08.14, давление 0,19МПа Усилие, тс	Дата 10.08.14, давление 0,29МПа Усилие, тс	Дата 11.08.14, давление 0,39МПа Усилие, тс	Дата 12.08.14, давление 0,45МПа Усилие, тс	Дата 13.08.14, давление 0,39МПа Усилие, тс	Дата 13.08.14, давление 0,07МПа Усилие, тс	Дата 14.08.14, давление 0,0 МПа Усилие, тс
К-5А	865,1	863	864,7	864	864,4	864,3	863,2	864,2	865,2
К-10Б	818,8	815,9	818	816,2	817,5	817,3	816	817,4	819,7
К-11А	829,7	827	830,4	827,4	829	828,3	826,7	828,8	831,7
К-12Б	803,8	801,2	804,4	802	803,5	802,6	801,4	803	806,8
К-13А	831,7	828,9	833	829,7	831,5	830,1	828,6	831,6	834,7
К-14А	850,9	848,4	851,6	849,2	850,7	849,4	848,3	850,4	853,1
К-14Б	841,4	838	841,2	838,4	840,4	839,9	838	840,1	842,8
К-15А	844,5	840,9	844,9	841,4	843,7	842,7	841	843,9	846,6
К-16Б	813	809	813,8	809,6	812	810,8	808,7	812,3	815

1.3 ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕНЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ПО ПОКАЗАНИЯМ ПЛПС

В период приемо-сдаточных испытаний защитной оболочки энергоблока № 3 Ростовской АЭС перемещения измерялись двумя независимыми методами: при помощи 12 датчиков типа ПЛПС, установленных в средней части цилиндра защитной оболочки, на отметке 36,9 м. и геодезическими методами.

По результатам показаний датчиков ПЛПС в период приемо-сдаточных испытаний защитной оболочки построены графики измерения перемещений стенки сооружения в радиальном направлении на отметке 36,9 м в створах № 1-4.

Выполненная оценка измерений перемещений стенки защитной оболочки в период приемо-сдаточных испытаний показала, что все 12 датчиков ПЛПС находятся в работоспособном состоянии, в каждом створе наблюдается хорошая сходимость полученных результатов.

При максимальной величине внутреннего давления, равной 0,45 МПа, максимальные перемещения зафиксированы в первом створе и составляют 8,23 мм (см. рисунок 5).

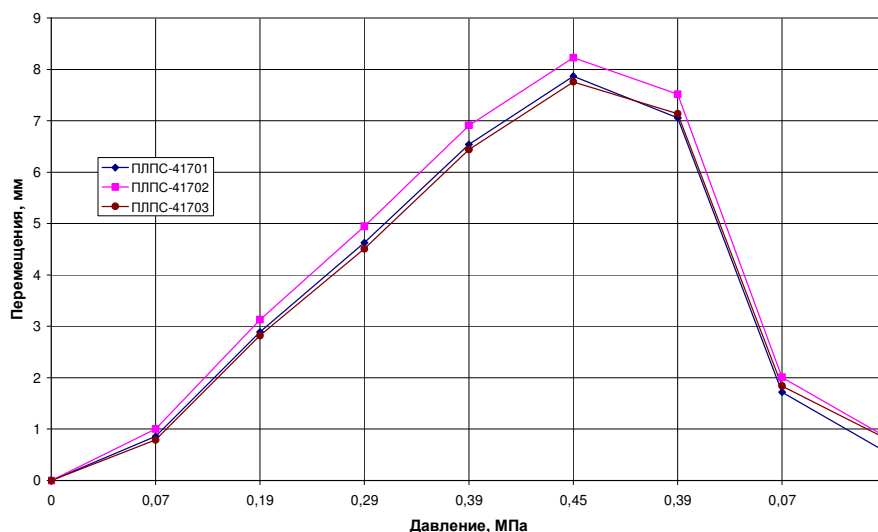


Рис. 5. – Приращения перемещений стенки защитной оболочки в период приемо-сдаточных испытаний, отметка 36,9 м, створ №1

В таблице 2 приведены средние перемещения стенки от обжатия защитной оболочки, определенные по показаниям трех датчиков ПЛПС в каждом створе, где можно видеть, что перемещения защитной оболочки от предварительного напряжения значительно выше перемещений при воздействии максимального испытательного внутреннего давления, равного 0,45 МПа. При этом максимальные превышения радиальных перемещений к оси оболочки наблюдаются в третьем створе и составляют -5,72 мм или 44,14%, минимальные – во втором створе -2,14 мм или 22,46%.

Учитывая, что измеренные величины приращений перемещений в защитной оболочке от преднапряжения значительно превышают соответствующие величины приращения перемещений от избыточного испытательного давления, защитная оболочка удовлетворяет проектным критериям оценки НДС в период приемо-сдаточных испытаний.

Таблица 2. – Средние перемещения стенки защитной оболочки при воздействии преднапряжения и максимального испытательного внутреннего давления

№ створа	Средние перемещения от обжатия оболочки, мм	Средние перемещения при давлении 0,45 МПа, мм	Превышение перемещений от обжатия оболочки	
			мм	%
1	-10,7	7,95	-2,75	25,70
2	-9,53	7,39	-2,14	22,46
3	-12,96	7,24	-5,72	44,14
4	-12,15	7,22	-4,93	40,58

1.4 ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

В период приемо-сдаточных испытаний выполнялись работы по измерению геометрических параметров защитной оболочки геодезическими методами.

На рисунке 6 приведены графики измеренных значений радиальных перемещений цилиндрической части защитной оболочки, расположенной выше обстройки на отметках 47, 48 и 50 м, створ № 4. На рисунке 7 приведены графики измеренных значений перемещений купольной части защитной оболочки.

Результаты измерений показывают, что максимальные перемещения от воздействия испытательного внутреннего давления в средней части купола не превышают 10 мм, что фактически в два раза меньше аналогичных перемещений при преднапряжении защитной оболочки. Следовательно, проектный критерий оценки НДС о превышении сжимающих перемещений защитной оболочки от преднапряжения над растягивающими перемещениями от испытательного внутреннего давления выполняется.

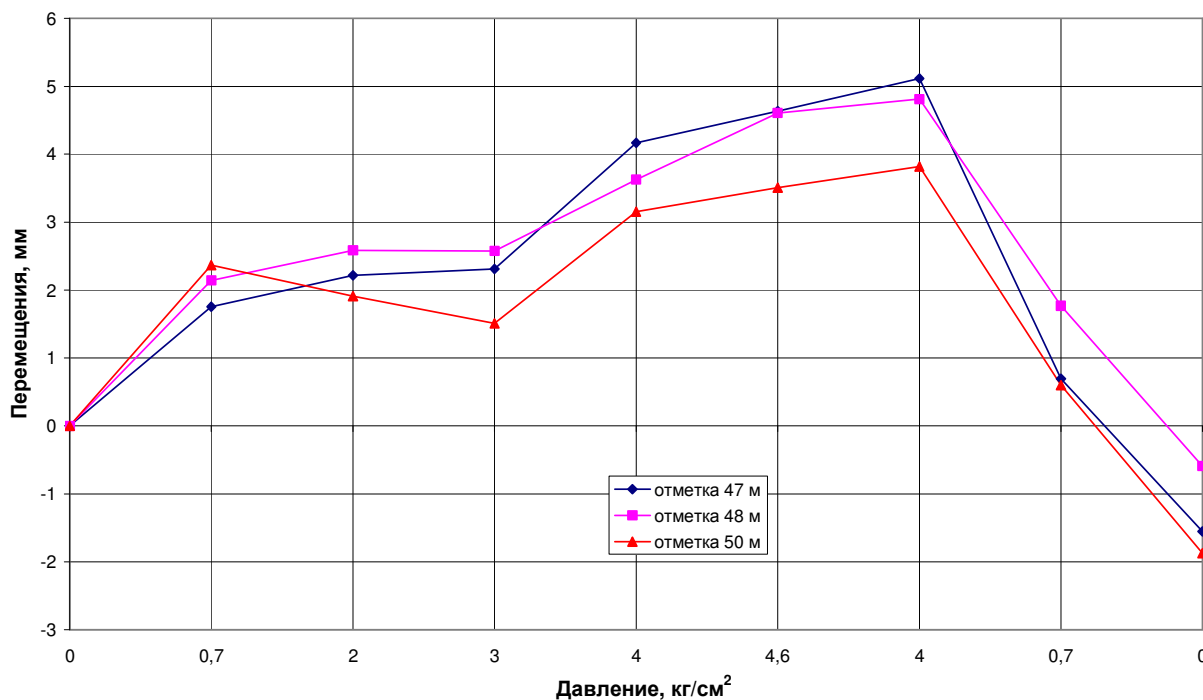


Рис. 6. – Приращения перемещений стенки защитной оболочки в период прямо-сдаточных испытаний, отметка 47.0, 48.0 и 50 м, створ №4

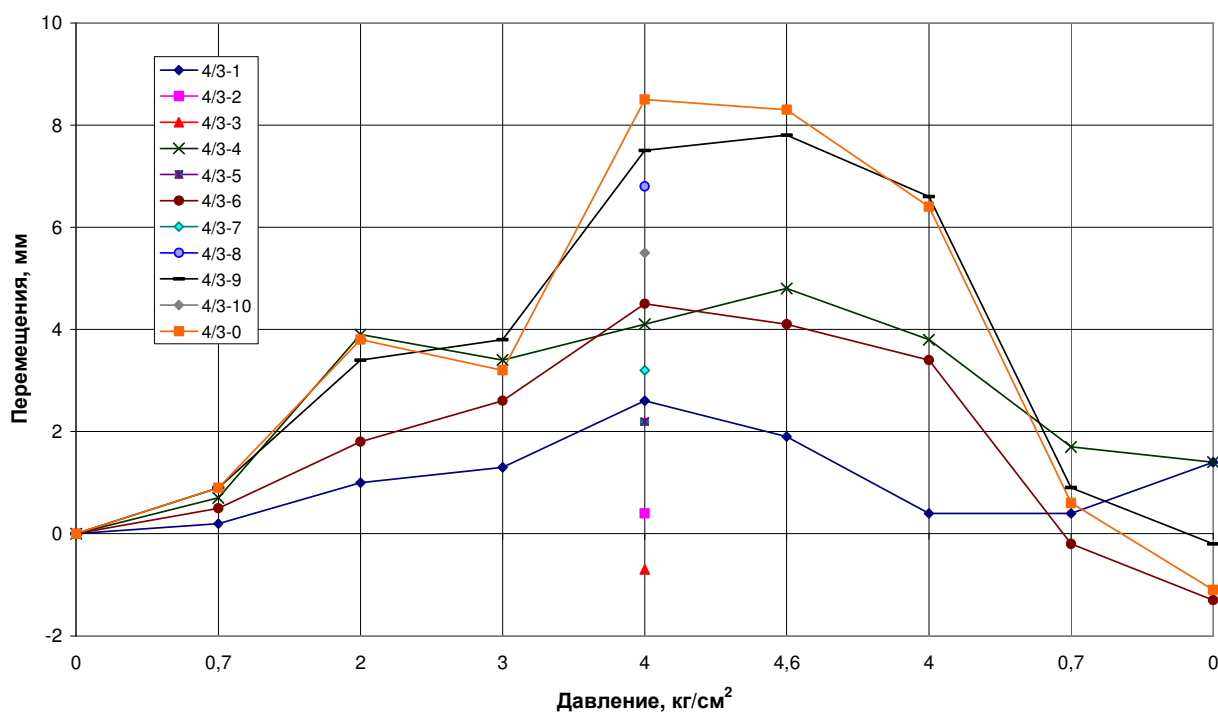


Рис. 7. – Приращения перемещений купола защитной оболочки в период прямо-сдаточных испытаний, створ № 4/3

1.5 РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ В ПЕРИОД ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Приведены результаты измерения температуры внутри и снаружи защитной оболочки энергоблока № 3 Ростовской АЭС в период прямо-сдаточных испытаний, включая температуру на поверхности бетона и окружающей среды (см. таблицу № 3).

Эти результаты использованы в уточняющих расчетах напряженно-деформированного состояния защитной оболочки от воздействия нагрузок, действующих в период приемо-сдаточных испытаний. При этом на внутренней поверхности стены защитной оболочки температура измерялась на отметке 36 и 45 м, а снаружи – на отметке 46 м.

Таблица 3. – Результаты измерения температуры внутри и снаружи защитной оболочки в период приемо-сдаточных испытаний

Дата	Время	Температура внутри оболочки						Температура снаружи оболочки					
		Отм., м.	Т воз. °С.	Т пов. бетона в створах, °С				Отм., м.	Т воз. °С.	Т пов. бетона в створах, °С			
				1	2	3	4			1	2	3	4
08.08.14	08:00	36	40	39	37	39	37	46	30	25	27	33	29
		45		38	37	38	37						
08.08.14	12:00	36	39	39	39	40	38	46	32	29	32	38	30
		45		39	39	39	37						
08.08.14	16:00	36	38	38	39	39	38	46	37	30	34	39	30
		45		39	39	39	37						
08.08.14	20:00	36	36	39	39	39	38	46	32	32	32	36	30
		45		39	40	39	40						
08.08.14	24:00	36	36	38	38	39	39	46	30	31	31	34	29
		45		39	39	39	39						
09.08.14	04:00	36	34	37	38	38	37	46	24	29	28	30	26
		45		38	39	39	39						

Температура в бетоне защитной оболочки определялась по средней величине температуры в защитной оболочке, а также по показаниям датчиков типа ПТС (преобразователей температуры струнных), установленных на теле защитной оболочки.

В начале испытаний средняя температура внутри оболочки составляла порядка 37 °С, постепенно увеличиваясь к моменту достижения максимального давления (0,45 МПа) до 39 °С, после чего наблюдалось снижение температуры. На завершающем этапе испытаний температура снизилась до 34 °С.

В период приемо-сдаточных испытаний защитной оболочки по показаниям датчиков ПТС минимальная температура наблюдалась вблизи основания, на отметке 13,2 м, и составляла 29 °С. В средней части цилиндра, на отметке 32,6 м, температура составляла 32÷39 °С. При этом, минимальная температура зафиксирована вблизи створа № 3, а максимальная – вблизи створа № 2. В купольной части оболочки максимальная температура бетона составляла 39 °С.

2 СРАВНЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ И ИЗМЕРЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ НДС ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ В ПЕРИОД ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ

2.1 ОПИСАНИЕ ДЕТАЛЬНОЙ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ЭНЕРГОБЛОКА № 3 РОСТОВСКОЙ АЭС

На рисунке 8 представлен общий вид объемной конечно-элементной расчетной модели защитной оболочки 3-го энергоблока Ростовской АЭС, разработанной для анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) 3О, включающей 188532 объемных конечных элемента, 208716 узлов (более 600000 степени свободы) и около 68000 стержневых конечных элементов (моделирующих стержневую арматуру).

Нагрузка от каждого каната вычисляется отдельно с учетом его геометрии, усилия натяжения и потерь всех видов (анкеровка, трение, релаксация и др.) [Л. 3].

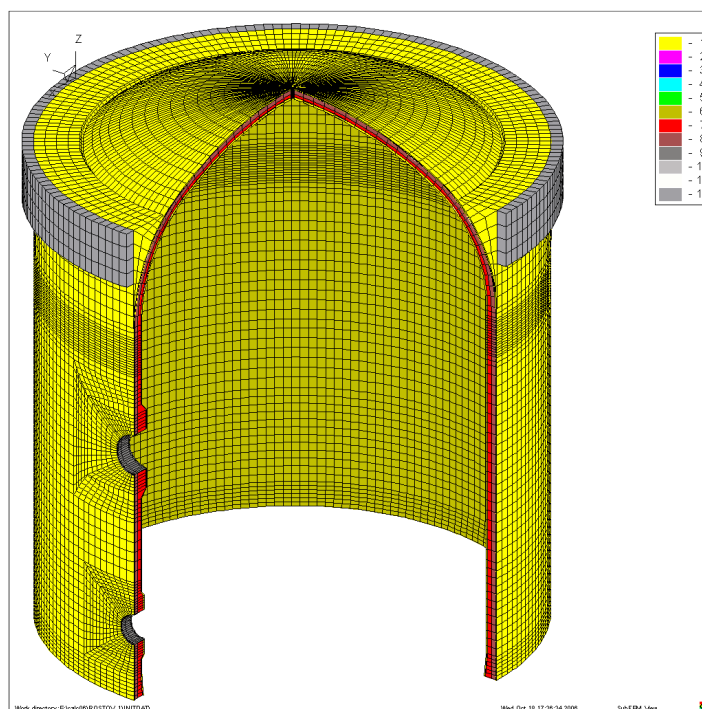


Рис. 8. – Конечноэлементная модель 30 третьего энергоблока Ростовской АЭС

На рисунке 9 показано распределение интенсивности нагрузки по срединной поверхности модели оболочки, которое соответствует проектной трассировке напрягаемых канатов. Главные оси защитной оболочки соответствуют следующим углам относительно вертикальной оси модели: I – 160° , II – 250° , III – 340° , IV – 70° . Створы КИА соответствуют следующим углам относительно вертикальной оси модели: I – 140° , II – 230° , III – 320° , IV – 50° . Угол 0° в модели соответствует углу оси крупных проходок ($R=3$ м и $R=4$ м).

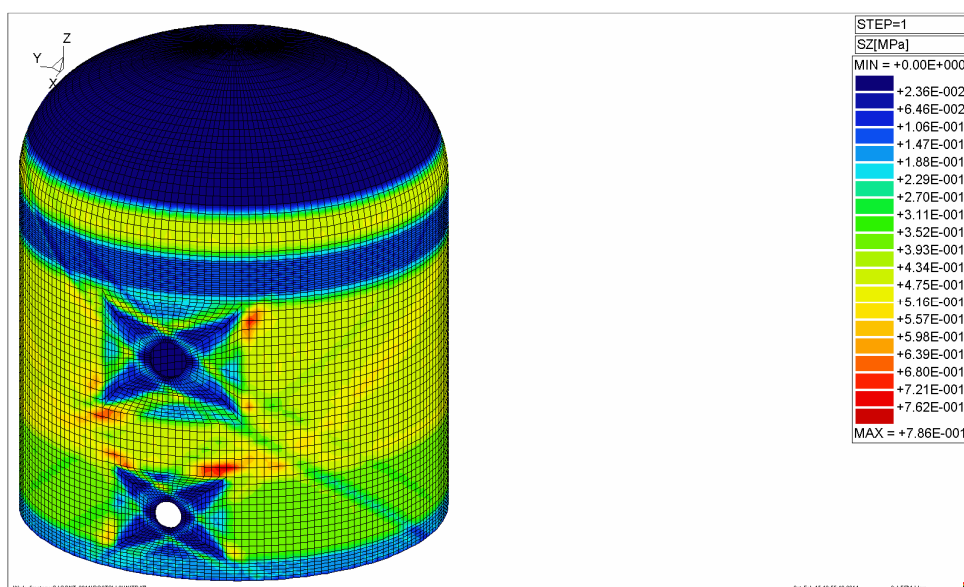


Рис. 9. – Распределение интенсивности нагрузки по срединной поверхности модели оболочки

При рассмотрении деформирования железобетонных строительных конструкций при высоких уровнях нагружения необходимо учитывать нелинейные эффекты работы бетона, связанные с образованием микро и макро трещин в бетоне. В алгоритме ПК CONT (паспорт аттестации № 347 от 21 ноября 2013 года), использованном в данной работе для расчета НДС ЗО 3-го блока Ростовской АЭС, данные эффекты учитываются на основе ортотропной модели бетона, которая базируется на предположении, что бетон работает по направлениям главных напряжений или главных деформаций, с которыми совпадают оси ортотропии. Основы теории изложены, например, в монографии Н.И. Карпенко [Л. 4].

2.2 РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА НДС ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ЭНЕРГОБЛОКА №3 РОСТОВСКОЙ АЭС ПЕРЕД ПРИЕМО-СДАТОЧНЫМИ ИСПЫТАНИЯМИ

Приведены результаты расчетов НДС защитной оболочки 3-го блока Ростовской АЭС в период приема-сдаточных испытаний в процессе приложения испытательного давления с учетом действующих на этот период времени усилий в армоканатах СПЗО и температур окружающей среды. Расчеты проводились в нелинейной постановке для достижения лучшего соответствия расчетных и экспериментальных данных.

Определено деформированное состояние и распределения меридиональных и окружных напряжений в бетоне на внешней поверхности защитной оболочки в процессе ее ступенчатого испытательным давлением от 0,07 до 0,45 МПа. Изменение формы ЗО показано в увеличенном масштабе (с умножением перемещений узлов модели на 200).

Можно отметить, что за исключением локальных областей на куполе бетон защитной оболочки работает в состоянии двухосного сжатия, что обеспечивает ее работоспособность даже при максимальной испытательной нагрузке (рисунок 10).

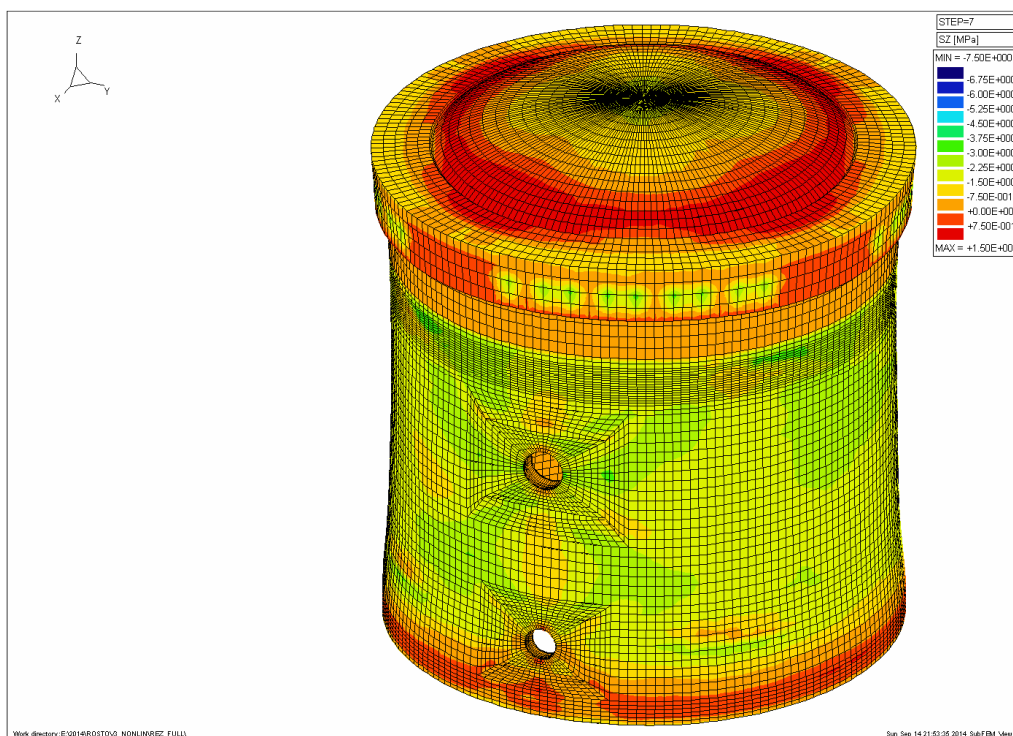


Рис. 10. – Распределение меридиональных напряжений [МПа] на внешней поверхности защитной оболочки при воздействии испытательного давления $P=0,45$ МПа

В таблице 4 приведено сравнение расчетных и измеренных значений перемещений стенки защитной оболочки при воздействии преднапряжения и максимального испытательного внутреннего давления на отметке 36,9 м. Можно отметить хорошее соответствие расчетных и экспериментальных результатов.

Таблица 4. – Сравнение расчетных и измеренных значений перемещений стенки защитной оболочки при воздействии преднапряжения и максимального испытательного внутреннего давления на отметке 36,9 м

№ створа	Приращения радиальных перемещений стенки оболочки от обжатия, мм Измеренные/расчетные	Приращения радиальных перемещений стенки оболочки при давлении 0,45 МПа, мм Измеренные/расчетные
1	-10,7 / -9.8	7,95 / 7.6
2	-9,53 / -9.62	7,39 / 6.9
3	-12,96 / -12.4	7,24 / 7.1
4	-12,15 / -12.6	7,22 / 6.8

Анализ полученных результатов показал, что расчетные значения перемещений и параметров напряженно-деформированного состояния защитной оболочки энергоблока № 3 Ростовской АЭС при ее преднапряжении и в процессе приемо-сдаточных испытаний качественно и количественно соответствуют измеренным. Максимумы и знаки растягивающих и сжимающих напряжений располагаются в тех же зонах, где они определены и при измерениях.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ

Перед испытаниями и в процессе испытаний защитной оболочки выполнялся визуальный контроль с целью выявления трещин в бетоне и их параметров [Л. 5].

Измерения производились с помощью микроскопа измерительного МПБ-3 и лупы измерительной ЛИ-3-10^х.

Полученные результаты показали, что ширина раскрытия трещин на наружной поверхности бетона оболочки при воздействии испытательного внутреннего давления и после сброса давления не превышала 0,3 мм, что удовлетворяет нормативным требованиям действующей нормативной документации [Л. 2].

ВЫВОДЫ

1) На основе результатов расчета и измерения параметров НДС строительных конструкций защитной оболочки с помощью КИА АСК НДС, контроля усилий натяжения армоканатов СПЗО с помощью гидродомкратов и с учетом показаний датчиков ПСИ-01 СКУ, измерения геометрических параметров защитной оболочки геодезическими методами и их анализа установлено, что эксплуатационная пригодность защитной оболочки энергоблока № 3 Ростовской АЭС обеспечивается (соответствует проектным требованиям).

2) Характер приращений напряжений в стержневой арматуре в период приемо-сдаточных испытаний защитной оболочки показал, что конструкция работает в упругой стадии, т.к. после снятия нагрузки показания приборов возвращаются в исходное нулевое состояние. Это позволяет утверждать, что защитная оболочка удовлетворяет

проектным критериям оценки НДС в период приемо-сдаточных испытаний.

3) Сравнение деформаций в бетоне и напряжений в стержневой арматуре, измеренных при преднапряжении и в период воздействия максимального испытательного давления показало, что во всех случаях отсутствуют растягивающие напряжения и деформации, что позволяет сделать вывод о достаточном уровне преднапряжения защитной оболочки энергоблока № 3 Ростовской АЭС.

4) Результаты натурных наблюдений при проведении приемо-сдаточных испытаний показали, что ширина раскрытия поверхностных трещин на наружной поверхности бетона защитной оболочки при воздействии испытательного внутреннего давления и после сброса давления не превышала 0,3 мм, что удовлетворяет нормативным требованиям.

5) Проведенный анализ показал, что полученные расчетные значения перемещений и параметров напряженно-деформированного состояния защитной оболочки энергоблока № 3 Ростовской АЭС при ее преднапряжении и в процессе приемо-сдаточных испытаний качественно и количественно соответствуют измеренным. Максимумы и знаки растягивающих и сжимающих напряжений располагаются в тех же зонах где они определены и при измерениях.

6) Таким образом, уточненный расчет НДС защитной оболочки после её преднапряжения и приемо-сдаточных испытаний (при учете фактических физико-механических свойств используемых материалов, измеренных усилий в армоканатах и фактических геометрических параметров) показал, что достигнутый проектный уровень предварительного напряжения конструкции обеспечивает эксплуатационную пригодность защитной оболочки энергоблока № 3 Ростовской АЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Программа натурных наблюдений за защитной оболочкой энергоблока №3 Ростовской АЭС в период возведения, преднапряжения, приёмо-сдаточных испытаний и эксплуатации [Текст]. – М.: ОАО «Атомтехэнерго», 2011.
2. Нормы проектирования железобетонных конструкций локализирующих систем безопасности атомных станций. ПНАЭ Г-10-007- 89 [Текст]. – Госпроматомнадзор СССР, 1991.
3. *Медведев, В.Н. и др.* Анализ результатов предварительного напряжения защитной оболочки энергоблока № 3 Ростовской АЭС [Текст] / В.Н. Медведев, А.Н. Ульянов, В.Ф. Стрижов, А.С. Киселев // Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики: тез. Девятой междунар. науч.-техн. конф.: пленарные и секционные доклады. – МНТК-2014, Москва, 21–23 мая 2014 г. – М., 2014. – С. 290–295.
4. *Карпенко, Н.И.* Общие модели механики железобетона [Текст] / Н.И. Карпенко. – М.: Стройиздат, 1996. – 416 с.
5. Отчет ВИТИ НИЯУ МИФИ на тему: «Проведение инструментального контроля геометрических параметров защитной оболочки и физико-механических свойств элементов строительных конструкций» [Текст]. – Волгодонск, 2014. – 23 с.

REFERENCES

- [1] Programma naturnykh nablyudenij za zashhitnoj obolochkoj energobloka №3 Rostovskoj AES v period vozvedeniya, prednapryazheniya, priyomo-sdatochnyx ispytaniy i ekspluatatsii [The program of natural supervision over the Rostov NPP power unit № 3 protective cover during construction, pretension, acceptance tests and operation]. M. Pub. ОАО «Atomtexenergo» [JSC Atomtekhenenergo], 2011. (in Russian)
- [2] Normy proektirovaniya zhelezobetonnykh konstrukcij lokalizuyushhih sistem bezopasnosti atomnykh stancij. PNAE G-10-007-89 [Norms of design of ferroconcrete designs of the localizing security systems of nuclear power plants. PNAE G-10-007 - 89]. Pub. Gospromatomnadzor SSSR [Gospromatomnadzor of the USSR], 1991. (in Russian)
- [3] Medvedev V.N., Ulyanov A.N., Strizhov V.F., Kiselev A.S. Analiz rezultatov predvaritelnogo napryazheniya zashhitnoj obolochki e'nergobloka № 3 Rostovskoj AES [Analysis of results of

- preliminary tension of a protective cover of the Rostov NPP power unit № 3]. Bezopasnost, effektivnost i ekonomika atomnoj energetiki [Safety, efficiency and economy of nuclear power] : tez. Devyatoj mezhdunar. nauch.-tehn. konf.: plenarnye i sekcionnye doklady []. – MNTK[(международная научно-техническая конференция) [theses of the Ninth international scientific and technical conference: plenary and section reports]-2014, Moscow, May 21–23, 2014. M. 2014, p. 290–295. (in Russian)
- [4] Karpenko N.I. Obshhie modeli mexaniki zhelezobetona [General models of mechanics of reinforced concrete]. M. Pub. Strojizdat [Stroyizdat], 1996, ISBN 5-274-01682-0, 416 p. (in Russian)
- [5] Otchet VITI NIYaU MIFI na temu: «Provedenie instrumentalnogo kontrolya geometricheskikh parametrov zashhitnoj obolochki i fiziko-mexanicheskix svojstv elementov stroitelnyh konstrukcij» [VITI NRNU MEPhI report: "Carrying out tool control of geometrical parameters of a protective cover and physicommechanical properties of elements of construction designs"]. Volgodonsk, 2014, 23 p. (in Russian)

Test Results of the Rostov NPP Power Unit № 3 Protective Cover

**V.N. Medvedev*, Aleksandr S. Kiselev*, Aleksej S. Kiselev*,
A.N. Ulyanov*, V.F. Strizhov*, A.A. Salnikov****

** Institute of nuclear power safe development problems,
52, Bolshaya Tulsкая, Moscow, Russia 113191
e-mail: cont@ibrae.ac.ru*

*** Rostov NPP the branch of JSC Rosenergoatom Concern,
Volgodonsk-28, Rostov region, Russia 347340
e-mail: admin@rosnpp.org.ru*

Abstract – The assessment of the intense deformed condition of the Rostov NPP power unit №3 protective cover is given in work from the moment of the termination of pretension to acceptance tests.

Keywords: protective cover, NPP, reinforcing ropes, concrete, tension, efforts.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

УДК 621.86.06

**КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ ГРУЗОЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ,
ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ДЕМОНТАЖА РАДИОАКТИВНЫХ
ОБЪЕКТОВ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

© 2015 г. Д.Н. Федоренко

*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (ИСОП) филиала ДГТУ в г. Шахты,
Ростовская обл.*

Рассмотрены новые подвесные автоматические грузозахватные устройства для работы с листами, прутками и трубами по безлюдной технологии.

Ключевые слова: подвесные автоматические захваты, конструктивные схемы, лист, стержень, труба, операционный процесс, безлюдная технология.

Поступила в редакцию 27.05.2015

Рассмотренные решения [1] шести конструктивных схем автоматических грузозахватных устройств (АГЗУ) созданы по известной методике [2, 3] для работы с различными объектами в особых условиях по безлюдной технологии.

Представленные ниже конструктивные схемы АГЗУ листов, цилиндрических стрижней и труб разработаны согласно логическому алгоритму [2] поиска технических решений, близких к оптимальным.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЗАХВАТ ЛИСТА (АЗЛ)

Устройство АЗЛ представлено на рисунке 1.

Корпус АЗЛ состоит из левой 7 и правой 10 щек, соединённых между собой винтами крепления 3, внутри корпуса имеется паз ПП для ползуна, в котором перемещается по вертикали ползун 4 подъёма, подвешенный на стержне подвеса 1. На ползуне 4 подъёма подвешен крюк 6, который подхватывает ось 9 подъёма захвата для освобождения листа 14 от АЗЛ и перемещения устройства, для захвата оси 18 ползуна грузового, предназначенного для захвата листа 14 с помощью кулачка 11 и эксцентрика 13.

АЗЛ работает следующим образом.

Устройство, подвешенное на стержне 1 подвеса, закреплённого на оси 2 подвеса, опускается на объект-лист 14. АЗЛ подвешен на крюке 6, закреплённом на оси 5 крюка в ползуне 4 подъёма, поддерживающего ось 9 подъёма захвата между левой 7 и правой 10 щеками. Для точного наведения АЗЛ на лист 14 имеется паз ПВ для вхождения листа между левой 7 и правой 10 щеками. После того как лист 14 попал в паз ПВ, ползун 4 подъёма продолжает двигаться вниз в пазу ПП для ползуна, при этом крюк 6 освобождает из захвата ось 9 подъёма ползуна; при дальнейшем движении ползуна 4 крюк 6 соприкасается плоскостью направляющей ПН с осью 18 ползуна грузового, крюк 6 отклоняется вправо, при дальнейшем движении вниз крюк 6 подхватит ось 18 ползуна грузового. Между листом 14 и эксцентриком 13 имеется зазор для свободного входа листа до упора.

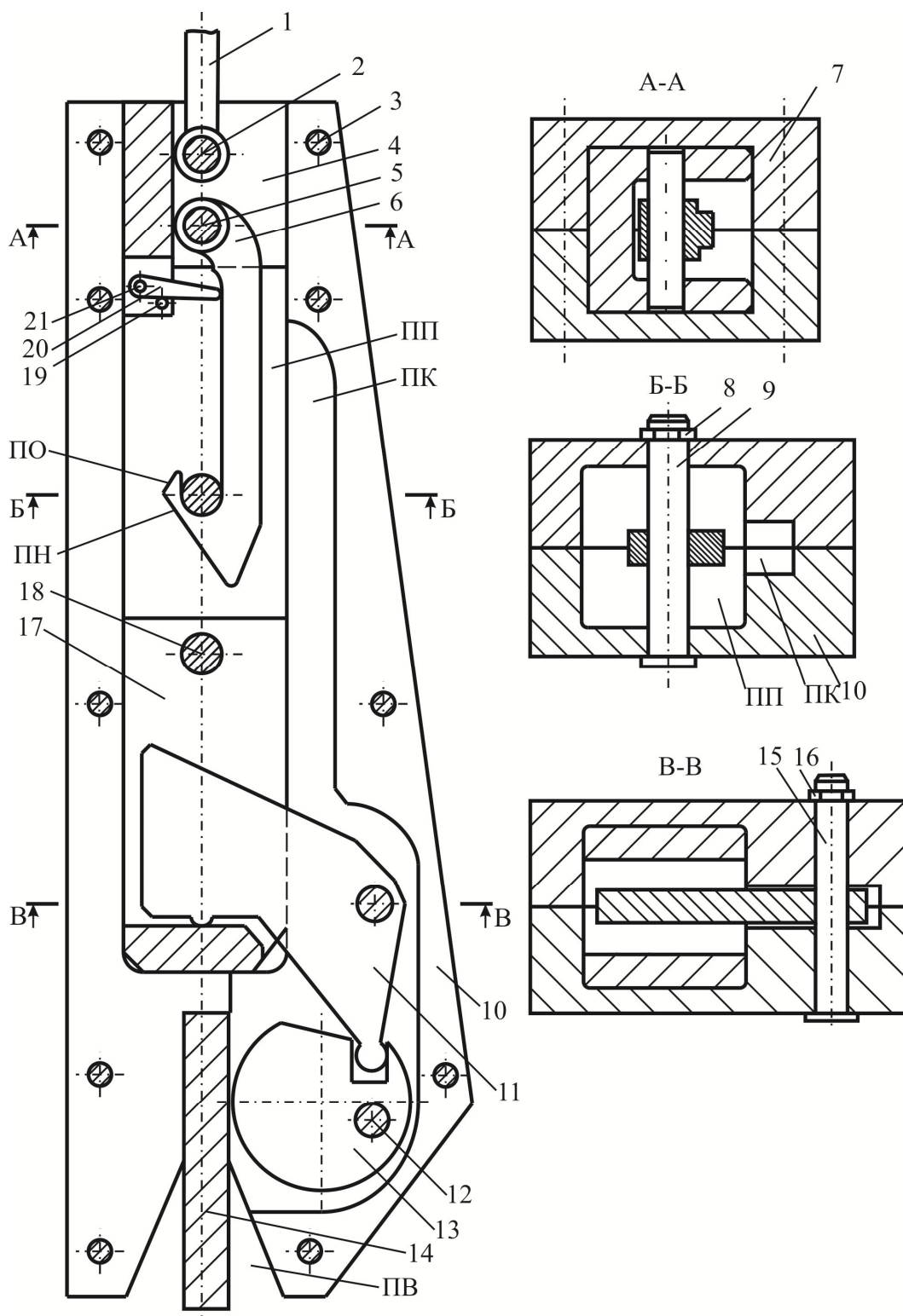


Рис. 1. – Автоматический захват листа: 1 – стрележь подвеса; 2 – ось подвеса; 3 – винт крепления; 4 – ползун подъёма; 5 – ось крюка; 6 – крюк; 7 – щека левая; 8 – шайба; 9 – ось подъёма захвата; 10 – щека правая; 11 – кулачок; 12 – ось эксцентрика; 13 – эксцентрик; 14 – лист; 15 – ось кулачка; 16 – шайба; 17 – ползун грузовой; 18 – ось ползуна грузовой; 19 – ось ограничения упора; 20 – упор; 21 – ось упора; ПП – паз для ползуна; ПК – паз для крюка; ПВ – паз для вхождения листа; ПО – плоскость крюка отклоняющая; ПП – плоскость крюка направляющая

Захват листа 14 происходит следующим образом. При подъёме стержня 1 подвеса поднимается ползун 4 подъёма с крюком 6. Крюк 6 при движении вверх подхватывает ось 18 ползуна грузового и поднимает ползун грузовой 17, поворачивая кулачок 11 на оси 15 по часовой стрелке, при этом выступ кулачка, входящий в паз эксцентрика, вращает эксцентрик 13 против часовой стрелки, эксцентрик зажимает лист 14 в пазу ПВ. Надёжность захвата листа 14 обеспечивается за счёт усилия, получаемого из условий эксцентричности захвата и собственной силы тяжести листа 14. Далее АЗЛ с зажатым объектом поднимается и перемещается на нужную технологическую позицию.

Освобождение объекта происходит следующим образом. АЗЛ вместе с листом, подвешенным на оси подвеса 1, опускается на неподвижное основание вместе с ползуном 4 подъёма и крюком 6, крюк 6 при опускании освобождает ось 18 ползуна грузового; ползун 4 подъёма продолжает движение вниз до момента соприкосновения упора 20 с осью 9 ползуна захвата; упор 20 отклоняется против часовой стрелки и фиксирует крюк 6, кулачок 11 с эксцентриком 13 возвращаются в исходное положение, освобождая лист 14, далее ползун 4 подъёма начинает движение вверх, поднимая вслед за собой крюк 6, крюк 6 при соприкосновении оси 18 ползуна грузового плоскостью отклонения ПО отклоняется против часовой стрелки, освобождая упор 20. Дальнейшее поднятие крюка 6 приводит к захвату оси подъёма захвата 9, поднимая АЗЛ и освобождает лист 14 из паза ПВ. Устройство готово к следующей операции.

ЗАХВАТ АВТОМАТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ (ЗАУ)

Устройство предназначено для автоматизации процесса захвата, перемещения и освобождения объектов в виде цилиндрических или призматических стержней с плоскими торцами (изображено на рисунке 2) и представляет собой зацеп 1 грузоподъёмного устройства, на котором находится крюк 3, установленный на оси зацепа 2; корпус 10, к которому прикреплены левая и правая щеки 4 с помощью обычных крепёжных винтов; в корпусе 10 имеется сквозное цилиндрическое отверстие (паз для ползуна ПП), в котором перемещается ползун 6. В нижней части корпуса 10 помещены левый и правый рычаги 9, собранные встык на осях 8 рычагов. Паз ПК предназначен для обеспечения свободного входа – выхода крюка 2. ПО – поверхность, обеспечивающая свободный обхват объекта.

Процесс наведения ЗАУ на объект происходит следующим образом. ЗАУ, подвешенный на зацепе 1 с крюком 3, поддерживающим ЗАУ на оси 5 щеки, опускается на объект, на крюке 3, таким образом, удерживается корпус 10. Левый и правый рычаги 9 находятся в разомкнутом положении. Под действием вращающего момента от действия сил тяжести левый рычаг поворачивается по часовой стрелке, правый – против часовой стрелки относительно осей 8. При соприкосновении торца объекта с поверхностью корпуса 10 в пазу для объекта ПО зацеп 1 с крюком 3 на оси 2 продолжает движение вниз. Крюк 3 при дальнейшем опускании выходит из контакта с осью 5. С помощью подъёмного устройства крюк 3 выводится вправо в пазу ПК из устройства.

Захват объекта происходит следующим образом. Зацеп 1 с крюком 3, подвешенный на оси зацепа 2 через паз ПК вводится под ось 11 ползуна 6 и начинает движение вверх. Крюк 3 подхватывает и поднимает ось 11 ползуна вместе с ползуном, ползун 6 перемещается в пазу ПП, тем самым ось ползуна 7, находящаяся в захвате между концами левого и правого рычага 9, поднимает левый и правый рычаги 9, которые, поворачиваясь относительно осей 8, зажимают и удерживают объект в пазу ПО. Устройство с зажатым объектом перемещается на заданную технологическую позицию.

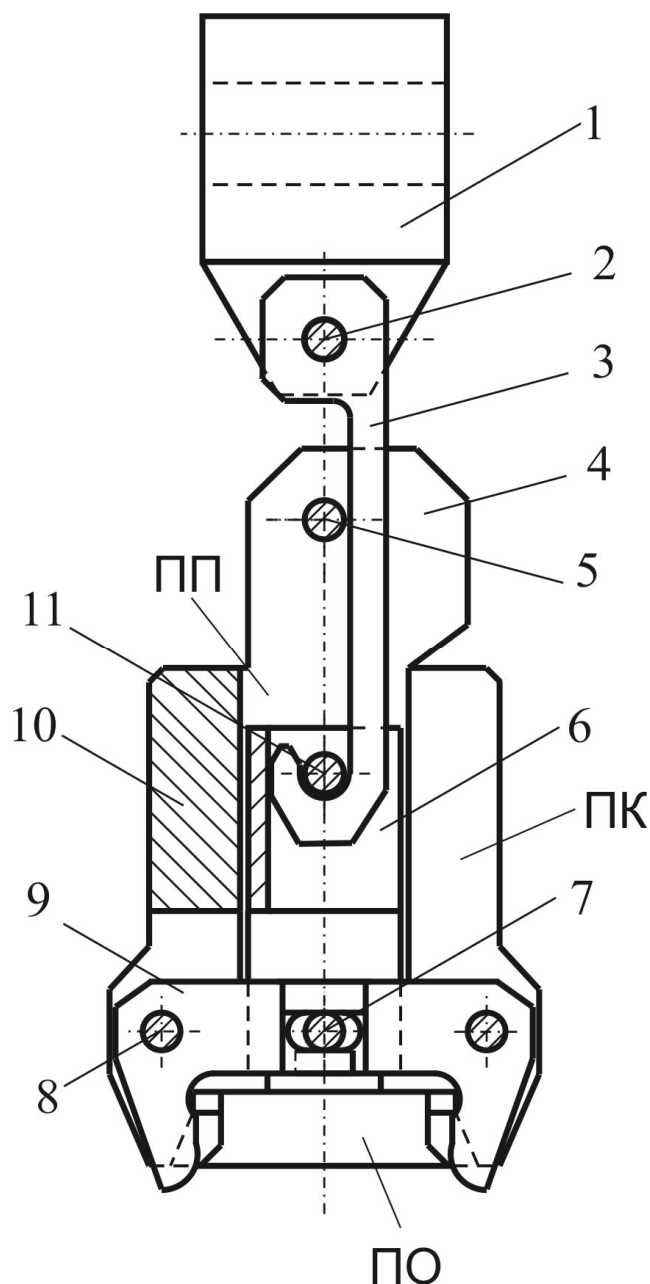


Рис. 2. – Захват автоматический универсальный: 1 – зацеп, 2 – ось зацепа, 3 – крюк, 4 – щека (левая, правая), 5 – ось щеки, 6 – ползун, 7 – ось ползуна, 8 – ось рычага, 9 – рычаг (левый, правый), 10 – корпус, 11 – ось подвеса ползуна. ПП – паз для перемещения ползуна; ПК – паз для перемещения крюка; ПО – поверхность для обеспечения свободного входа и выхода объекта

Освобождение объекта из захвата происходит следующим образом. Объект должен быть установлен на неподвижном основании. Зацеп 1 с крюком 3 на оси зацепа 2 начинает движение вниз. Ползун 6 при опускании объекта на плоскость технологической позиции, находясь в захвате крюка 3, продолжает опускаться, ось ползуна 7 опускаясь, поворачивает левый и правый рычаги 9, освобождая объект из захвата, крюк 3 продолжает движение ниже оси 11 и с помощью подъёмного устройства выводится из зоны зацепления вправо в пазу для крюка ПК. Зацеп 1 с крюком 3 с помощью подъёмного устройства начинает движение вверх; крюк 3, поднимаясь и перемещаясь влево, захватывает ось 5 щеки, поднимая ЗАУ уже без объекта. Устройство готово к следующей операции.



Рис. 3. – Захват автоматический универсальный в процессе операции с цилиндрическим объектом

Испытание захвата в лабораторных условиях; как представлено на рисунке 3 показали его полную функциональную пригодность.

ЭКСЦЕНТРИКОВЫЙ ЗАХВАТ ТРУБЫ (ЭЗТ)

При демонтаже радиоактивного оборудования необходимо поднимать трубы различных диаметров способом, обеспечивающим процесс демонтажа по безлюдной технологии. В таком случае целесообразно применение автоматических или полуавтоматических грузозахватных устройств, работающих по принципу захвата и зажима объекта по внутренней поверхности. Используя принцип работы эксцентрика, рассмотрим возможный вариант конструктивной схемы ЭЗТ для захвата трубы, установленной вертикально, как представлено на рисунке 4.

К канату 1 подъёмного устройства крепится устройство подвеса 2, к которому прикреплён ползун 3 прямоугольного сечения, крюк 14 подвешен на оси к ползуну 3.

Работа устройства происходит следующим образом.

Устройство, подвешенное на канате 1 к подъёмному устройству на оси 2 подвеса, к которому прикреплён ползун прямоугольного сечения 3, опускается на объект (труба 5). Конус направляющий 13 устройства предназначен для удобства точного наведения на трубу 5. Устройство продолжает опускаться, находясь внутри трубы 5, до того момента как посадочный торец 16 корпуса 12 ходового цилиндра соприкоснётся с верхней кромкой трубы 5. Ползун 3 продолжает движение вниз, при этом крюк 14 отклоняется относительно оси своего подвеса влево по часовой стрелке при контакте его направляющей поверхности НП с осью 6 проушины верхней, до того момента как ось проушины верхней 6 окажется под захватом крюка 14, после чего ось 6 проушины 8 оказывается в зеве крюка.

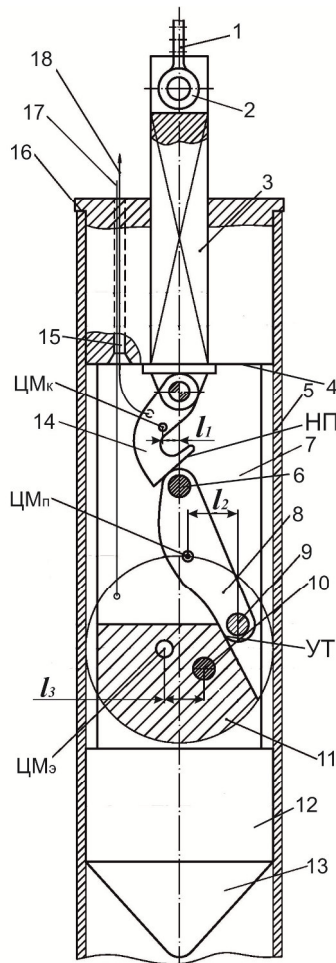


Рис. 4. – Полуавтоматический эксцентриковый захват трубы: 1 – канат, 2 – ось устройства подвеса, 3 – ползун прямоугольного сечения, 4 – упорный торец ходового цилиндра, 5 – труба, 6 – ось проушины верхняя, 7 – паз П для размещения в нём крюка, проушины и эксцентрика, 8 – проушина, 9 – ось проушины нижняя, 10 – ось эксцентрика, 11 – эксцентрик, 12 – корпус ходового цилиндра, 13 – конус направляющий, 14 – крюк, 15 – отверстие для прохода канатов, 16 – посадочный торец, 17 – канат поворота эксцентрика, 18 – канат поворота крюка, ЦМ_к – центр масс крюка, ЦМ_п – центр масс проушины, ЦМ_э – центр масс эксцентрика, НП – направляющая поверхность, УТ – упорный торец для проушины

При подъёме крюк 14 захватывает ось 6 проушины верхней и начинает поднимать её, тем самым другой конец проушины через ось 9 проушины нижней начинает поворачивать эксцентрик 11 относительно оси 10 эксцентрика против часовой стрелки, тем самым эксцентрик 11 зажимает изнутри трубу 5 обеспечивая жёсткий захват объекта. Представленная на рисунке 4 схема объясняет устойчивое положение проушины 8 за счёт действия вращающего против часовой стрелки момента $M_n = G_n \cdot l_2$ где G_n – вес проушины; l_2 – расстояние по горизонтали между осью 9 нижней и центром масс ЦМ_п проушины. Отклонение проушины ограничивается упорным торцом УТ. Эксцентрик 11 повернут относительно оси 10 против часовой стрелки под воздействием вращающего момента $M_э = G_э \cdot l_3$ где $G_э$ – вес эксцентрика, l_3 – расстояние по горизонтали между осью 10 и центром масс эксцентрика ЦМ_э. Крюк 14 стремится принять положение, при котором центр масс крюка находится на вертикальной оси под воздействием момента $M_к = G_к \cdot l_1$, где $G_к$ – вес крюка, l_1 – расстояние от вертикальной оси центра масс крюка. Устройство с объектом поднимается и перемещается на заданную технологическую позицию.

Освобождение объекта происходит следующим образом. Устройство вместе с

объектом опускается до соприкосновения трубы 5 с твёрдой поверхностью технологической позиции. Ползун 3 при этом продолжает движение вниз с крюком 14, крюк 14 выходит из зацепления с осью проушины верхней 6. Канатом подъёма крюка 18 поднимаем и фиксируем крюк 14, освобождая из захвата ось 6 проушины верхней. Канатом подъёма эксцентрика 17 при подъёме проворачиваем по часовой стрелке и фиксируем эксцентрик 11, освобождая трубу 5 от контакта с эксцентриком 11. Устройство поднимается. Только после того как устройство вышло из трубы 5, канат подъёма эксцентрика 17 и канат подъёма крюка 18 опускаются, возвращая крюк 5 и эксцентрик 11 в исходное положение. Устройство готово к следующей операции.

Рассмотренные конструктивные схемы являются исходными для создания АГЗУ для работы при ЧС, в радиоактивной зоне, при демонтаже и аварийных работах под водой и по любой безлюдной технологии при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кравченко, П.Д. и др.* Уровень вероятности безотказной работы автоматических грузозахватных устройств [Текст] / П.Д. Кравченко, Н.А. Русская, Д.Н. Федоренко // Машиностроение и техносфера XXI века : сборник трудов XXI международной научно-технической конференции в г. Севастополь 15–20 сентября. 20 лет. – Донецк: МСМ, 2014. – 326 с.
2. *Кравченко, П.Д. и др.* Конструкторские решения при проектировании транспортно-технологического оборудования в атомном машиностроении [Текст] / П.Д. Кравченко [и др.] : монография. – Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2008. – 186 с.
3. *Половников, А.И.* Основы инженерного творчества: учебное пособие для студ. вузов [Текст] / А.И. Плогоинкин. – М: Машиностроение, 1988. – 368 с.

REFERENCES

- [1] Kravchenko P.D., Russkaya N.A., Fedorenko D.N. Uroven veroyatnosti bezotkaznoj raboty avtomaticheskikh gruzozaxvatnykh ustroystv [Level of probability of no-failure of automatic load gripping devices. Mashinostroenie i texnosfera XXI veka : sbornik trudov XXI mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii v g. Sevastopol 15–20 sentyabrya. 20 let. [Mechanical engineering and technosphere of the XXI century: the collection of works of the XXI international scientific and technical conference, Sevastopol, September, 15th-20th. 20 years] Donetsk. Pub. MSM [International union of mechanics], 2014, 326 p. (in Russian)
- [2] Kravchenko P.D. etc. Konstruktorskie resheniya pri proektirovanii transportno-texnologicheskogo oborudovaniya v atomnom mashinostroenii [Construction decisions during transport processing equipment design in nuclear mechanical engineering] : monografiya [monograph]. Shahty, Pub. Izdatel'stvo YuRGUES [Shahty. Pub. SRSUES], 2008, 186 p. (in Russian)
- [3] Polovnikov A.I. Osnovy inzhenernogo tvorchestva [Bases of engineering creativity]. Uchebnoe posobie dlya stud. vuzov [manual for students of higher education institutions] M. Pub. Mashinostroenie [Mechanical engineering], 1988, ISBN 5-217-00016-3, 368 p. (in Russian)

Constructive Schemes Load Gripping Devices Intended for Dismantling Nuclear Facilities and Elimination of Emergency Situation Consequences

D.N. Fedorenko

*Institute of service industry and business (ISIB) the branch of DSTU ,
282-2 Krasnoarmeyskaya St., Orlovskiy, Rostov region, Russia 347512
e-mail: fdn999@ya.ru*

Abstract - New suspended automatic load gripping devices for operation with sheets, bars and tubes without human intervention are considered.

Keywords: suspended automatic captures, constructive schemes, sheet, rod, tube, operational process, deserted technology.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

УДК 621. 039:532:533.6

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТЧИСТКИ ВОДОСБОРНЫХ
БАССЕЙНОВ БАШЕННЫХ ИСПАРИТЕЛЬНЫХ ГРАДИРЕН**

**© 2015 г. О.Л. Кольченко*, И.А. Нагибина*, Ю.М. Матевосян*,
Г.В. Домрина**, И.П. Тюменев*****

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

*** Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт, Донской государственный аграрный университет, Новочеркасск, Ростовская обл.*

**** Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» Ростовская АЭС, Волгодонск, Ростовская обл.*

Приведено теоретическое обоснование неэнергоемкого способа создания вращательного движения в водосборных бассейнах современных башенных испарительных градирнях с целью предотвращения выноса твердых загрязняющих частиц за пределы бассейна и их автоматического сбора. Это позволит минимизировать затраты на очистку, значительно снизить нагрузку на вращающиеся сетки и фильтры. Описан способ создания такого движения и пути модернизации проектных решений.

Ключевые слова: вода, скорость, расход, поток, струя, вращательное движение, водосборный бассейн, градирня.

Поступила в редакцию 22.05.2015

Современное развитие атомной энергетики в России связано с крупномасштабным строительством АЭС и применением серийных энергоблоков мощностью 1000 – 1200 МВт, отвечающих повышенным требованиям по безопасности, самодостаточности и независимости работы.

Оборотное техническое водоснабжение блоков № 1-4 Ростовской АЭС, по первоначальному проекту, базировалось на водоеме-охладителе. Однако, его длительная консервация и эксплуатация при блоках №1 и №2 без обслуживания (отсутствие земснаряда), непроектное исполнение выходной части сбросного канала привели к заилению водоема, снижению полезного объема, зарастанию камышом прибрежной акватории, возникновению застойных зон. При этом, как следствие – снизилась эффективность испарительного охлаждения, и возник высокий риск нормальной эксплуатации при подключении к водоему блоков №3 и №4. Поэтому было принято решение для блоков №3 и №4 РоАЭС использовать оборотную систему технического водоснабжения с применением башенных испарительных градирен высотой 170 м, диаметром основания 143,6 м и полезной площадью орошения свыше 14000 м². Охлаждение происходит в результате теплообмена между водой и воздухом, который движется в направлении, противоположном падающей охлаждаемой воде. Охлаждающий воздух в башенную испарительную градирню поступает благодаря естественной тяге. Охлаждаемая вода расходом свыше 50 м³/с стекает в водосборный бассейн, с внутренним диаметром $D = 135,2$ м и из него по водоотводящему каналу шириной 44 м подается в аванкамеру объединенной насосной станции (далее – ОНС).

Атмосферный воздух, поступающий через окна внутрь градирни, является источником загрязнения. Вместе с ним поступают частицы пыли, песка, глины, ила,

зерен, мелкие осколки камней, пластика и других нерастворимых веществ.

По своей сути градирия представляет собой влажный воздушный фильтр. Все твердые частицы, транспортируемые воздухом во взвешенном состоянии, пройдя в испарительной части через плотно установленные элементы оросителей, высокоинтенсивную зону орошения и систему каплеуловителей, обязательно соединятся с водой и вместе с ней стекут в водосборный бассейн. Отметка дна водосборного бассейна ниже отметки дна водоотводящего канала всего лишь на 0,3 – 0,4 м (высота наносотбойного порога). Для пропуска расхода охлажденной воды через начальный участок водоотводящего канала необходим напор $H = 0,81$ м, рассчитываемый по формуле пропускной способности водослива с широким порогом [1]:

$$Q = mb(2gH^3)^{0,5};$$

где $m=0,35$ – коэффициент расхода водослива;

$b=44,0$ м – ширина водосливного фронта.

Такая небольшая глубина воды в водосборном бассейне предопределяет ее высокие скорости подхода и вынос в аванкамеру ОНС значительный объем не успевших осесть в водосборном бассейне минеральных частиц.

Применение и строительство градириен такого типа в нашей стране только начато, поэтому информация об опыте их эксплуатации практически отсутствует.

Приблизительные расчеты по среднегодовой запыленности воздуха $q=0,2$ мг/м³ в районе г. Волгодонска [2], показывают, что через градирию за 18 месяцев может пройти около 200 т твердых частиц. Это без данных по суховеям и пыльным бурям, характерным для нашего региона, наличием рядом со станцией площадей пахотного земледелия и автотрассы с интенсивным движением.

В инструкции по эксплуатации градири и, в частности, водосборного бассейна, указано что, во время останова блока необходимо производить очистку дна бассейна механически и вручную. При этом не указана технология сбора мусора со дна аванкамер (отметка -14,0) и его подъем на поверхность.

В настоящей работе предлагается применить ряд мероприятий по совершенствованию эксплуатации градири, позволяющих предотвратить вынос твердых частиц за пределы водосборного бассейна и минимизировать затраты на их уборку, значительно снизить нагрузку на вращающиеся барабанные сетки и фильтры.

В первую очередь, необходимо увеличить глубину воды в водосборном бассейне на 0,8-1,0 м до $h=(1,8 - 2,0)$ м (высота стенок бассейна от дна 2,35 м) за счет повышения порога перед водоотводящим каналом. Так же возможен вариант установки плоских щитов, высотой 0,8-1,0 м, в 6-метровых пролетах между А-образными опорными рамами, находящихся в створе водосливного фронта. На такую же высоту необходимо поднять «0» порога переливных окон в секторе 2, с возможной заменой переливных окон на автоматический водосброс или сифон.

Во-вторых, в подъемных шахтах, ближе к расчетной поверхности воды в водосборном бассейне, выполнить прямоугольные отверстия и оборудовать их плоскими управляемыми затворами. Отверстия должны быть направлены тангенциально в одну сторону для пропуска через них части побудительного расхода, обеспечивающего вращательное движение внутри бассейна.

При вращательном движении жидкости в цилиндрической емкости свободная поверхность приобретает форму параболы (рис.1). За счет разницы в отметках между центром и периферией вращения Δh возникает поперечная циркуляционная скорость $V_{\text{п}}$. У стенок бассейна вертикальный нисходящий поток, при достижении дна,

перпендикулярно поворачивает к центру. В сумме с побуждающей, тангенциальной скоростью V_T , донный вектор скорости V_D возрастает и возникает сложное спиралевидное движение, которое по всей площади перемещает по дну осевшие твердые частицы к центру.

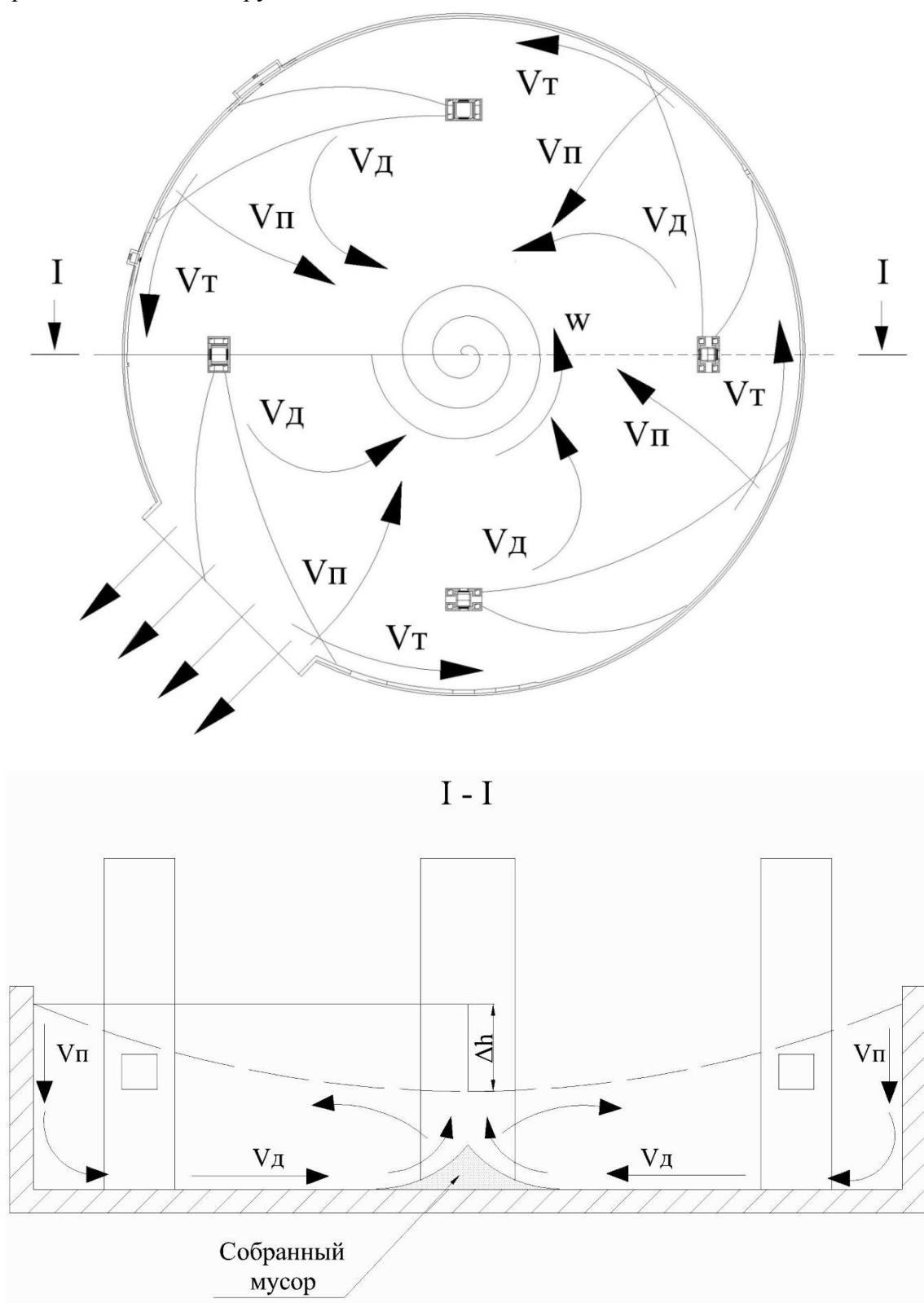


Рис. 1. – Расчетная схема вращательного движения в водосборном бассейне

Для расчета необходимых параметров побудительного расхода и скоростей V_t , требуется совместное решение следующих уравнений:

- свободной поверхности вращательного движения $z = \frac{w^2 r^2}{2g}$;
- перехода потенциальной энергии в кинетическую $V_n = \varphi \sqrt{2g\Delta h}$;
- равенства количества движения побудительного и вращательного потоков;
- изменения параметров затопленной турбулентной струи;

где $z = \Delta h$, м – превышение ординаты свободной поверхности над центром вращения;

r , м – радиус рассматриваемой точки;

φ – коэффициент скорости, учитывающий потери на участке протекания;

$w = \frac{V_t}{r}$, рад/с – угловая скорость вращения потока.

Совместное решение вышеприведенных уравнений при $\varphi=0,9$ [1] показало, что $V_n = 0,9V_t$, а $V_d = \sqrt{V_n^2 + V_t^2} = 1,345V_t$. Для дальнейшего решения примем $V_t = 0,5$ м/с. Тогда, по [1, табл.7.14] при глубине потока в бассейне $h = 2$ м, допускаемый средний размер частиц составит 0,14 мм, т.е. частицы размером менее 0,14 мм будет находиться в потоке во взвешенном состоянии. При этом донная скорость у стенок бассейна составит $V_d = 1,345$ м/с, $V_t = 0,67$ м/с. Такая скорость (согласно [1, табл.7.14]) способна транспортировать по дну достаточно крупные влекомые отложения со средним диаметром менее 15 мм. Для градиен блоков №3 и №4 РоАЭС перепад уровней между центром и периферией составит:

$$\Delta h = \frac{V_t^2}{2g\varphi^2} = 16 \text{ мм}.$$

Таким образом, даже при малых перепадах свободной поверхности между центром и периферией возникают достаточно высокие донные скорости V_d поперечной циркуляции (свыше 0,60 м/с), способные транспортировать влекомые частицы размером более 10 мм [1];

Для оценки параметров побуждаемого потока из четырех подъемных шахт воспользуемся уравнением количества движения, в предположении, что энергия побуждаемого потока переходит в энергию вращательного движения, при минимуме потерь на трение и силового воздействия на шахты, т.е.

$$\begin{aligned} (KD)_{\text{поб}} &= (KD)_{\text{вращ}}; \\ (\rho QV)_{\text{поб}} &= (\rho QV)_{\text{вращ}} \text{ или} \\ (\rho SV^2)_{\text{поб}} &= (\rho SV^2)_{\text{вращ}}, \end{aligned}$$

где ρ – плотность потоков, кг/м³;

Q, S, V – соответственно расходы, площади и средние скорости течения потоков.

Если параметры побуждаемого потока можно задать или рассчитать, то $(KD)_{\text{вращ}}$ вращательного движения необходимо интегрировать, т.к. от центра к периферии тангенциальные скорости линейно изменяются от $V_t = 0$ до $V_t = wR$ и расчетное уравнение приобретает следующий вид:

$$(\rho QV)_{\text{поб}} = (\rho SV^2)_{\text{вращ}} = \int_0^R (\rho V_t^2 h R)_{\text{вращ}}, \quad (1)$$

где S – площади рассматриваемых сечений;

R – внутренний радиус водосборного бассейна.

Параметры четырех побуждаемых потоков рассмотрим по схеме затопленного

истечения жидкости через малое отверстие (рис. 2а), т.к. напор над отверстием H составит около 10 м, а высоту отверстия назначим не болееа <1 м, т.е. $\frac{a}{H} < 1$ [1]. Тогда скорость истечения из отверстия равна:

$$V_{\text{поб}} = \varphi \sqrt{2gH}, \quad (2)$$

а расход

$$Q_{\text{поб}} = S\mu\sqrt{2gH} = ab\mu\sqrt{2gH}, \quad (3)$$

где $\varphi = 0,9$ – коэффициент скорости;

$\mu = 0,6$ – коэффициент расхода;

a и b – искомые, соответственно, высота и ширина отверстий.

Количество движения вращательного потока в бассейне определим в предположении $h = \text{const}$, ввиду малого перепада между центром вращения и периферией:

$$\int_0^R (\rho S V^2)_{\text{вращ}} = \rho \int_0^R (h d r w^2 r^2)_{\text{вращ}} = w^2 h \int_0^R (r^2 d r)_{\text{вращ}} = \rho w^2 h \frac{R^3}{3}. \quad (4)$$

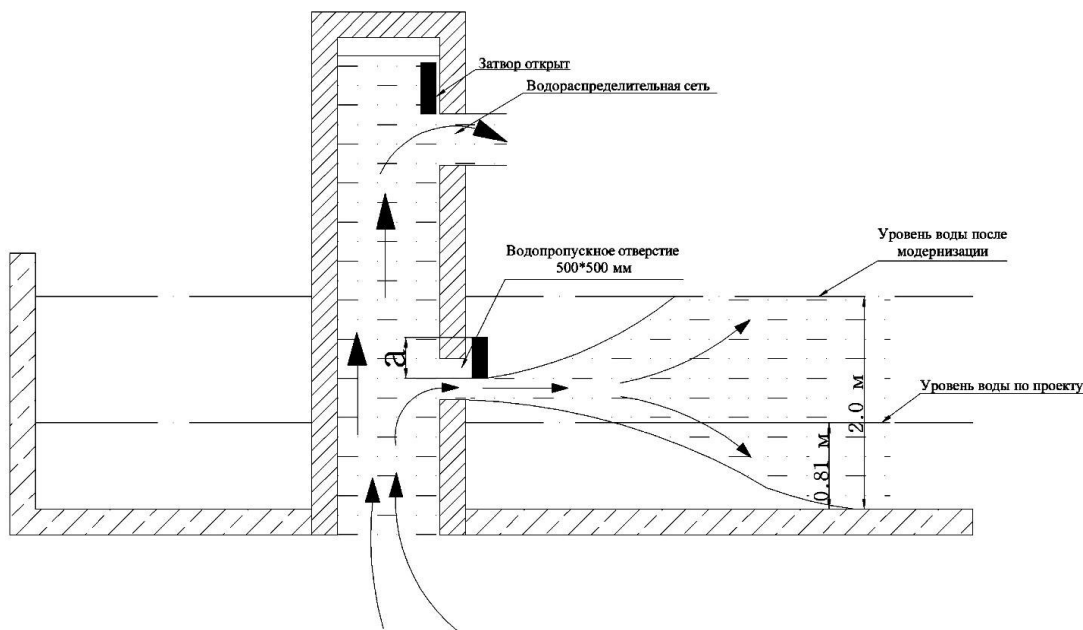


Рис. 2а. – Схема затопленного истечения побудительного расхода воды

Подставляя в уравнение (1) выражения (2), (3), (4), с учетом четырех побудительных расходов из диаметрально расположенных подъемных шахт, получим:

$$4\rho ab\mu\sqrt{2gH}\varphi\sqrt{2gH} = \rho w^2 h \frac{R^3}{3},$$

где угловая скорость вращения равна $w = V_T/R$.

Окончательно расчетная зависимость принимает следующий вид:

$$24\varphi ab\mu gH = V_T^2 h R.$$

Так, для условий РоАЭС, задавшись шириной и высотой затвора $b \times c = 0,5 \times 0,5$ м, найдем требуемую величину открытия затвора, из-под которого пропускается побудительный расход Q :

$$a = V_T^2 h R / 24 \phi b \mu g H = 0,5^2 * 2 * 67,6 / 24 * 0,9 * 0,5 * 0,6 * 9,81 * 10 \approx 0,06 \text{ м}$$

При этом скорость истечения потока из-под затвора составит:

$$V_{\text{поб}} = \phi \sqrt{2gH} = 0,9 * \sqrt{2 * 9,81 * 10} = 12,6 \text{ м/с};$$

а величина побудительного расхода:

$$Q_{\text{поб}} = ab\mu\sqrt{2gH} = 0,06 * 0,5 * 0,6 * \sqrt{2 * 9,81 * 10} = 0,25 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Суммарный расход воды, забираемый из четырех подъемных шахт, равен $1 \text{ м}^3/\text{с}$, что не более 2% от всего расхода, поступающего на градирню для охлаждения в жаркий период. Максимальная пропускная способность четырех, полностью открытых затворов, при свободном истечении (рис. 2б) примерно составит:

$$Q_{\text{поб}} = 4cb\mu\sqrt{2gH} = 4 * 0,5 * 0,5 * 0,6 * \sqrt{2 * 9,81 * 15} = 10,3 \text{ м}^3/\text{с},$$

что соизмеримо с производительностью одного насоса ($Q=12,5 \text{ м}^3/\text{с}$).

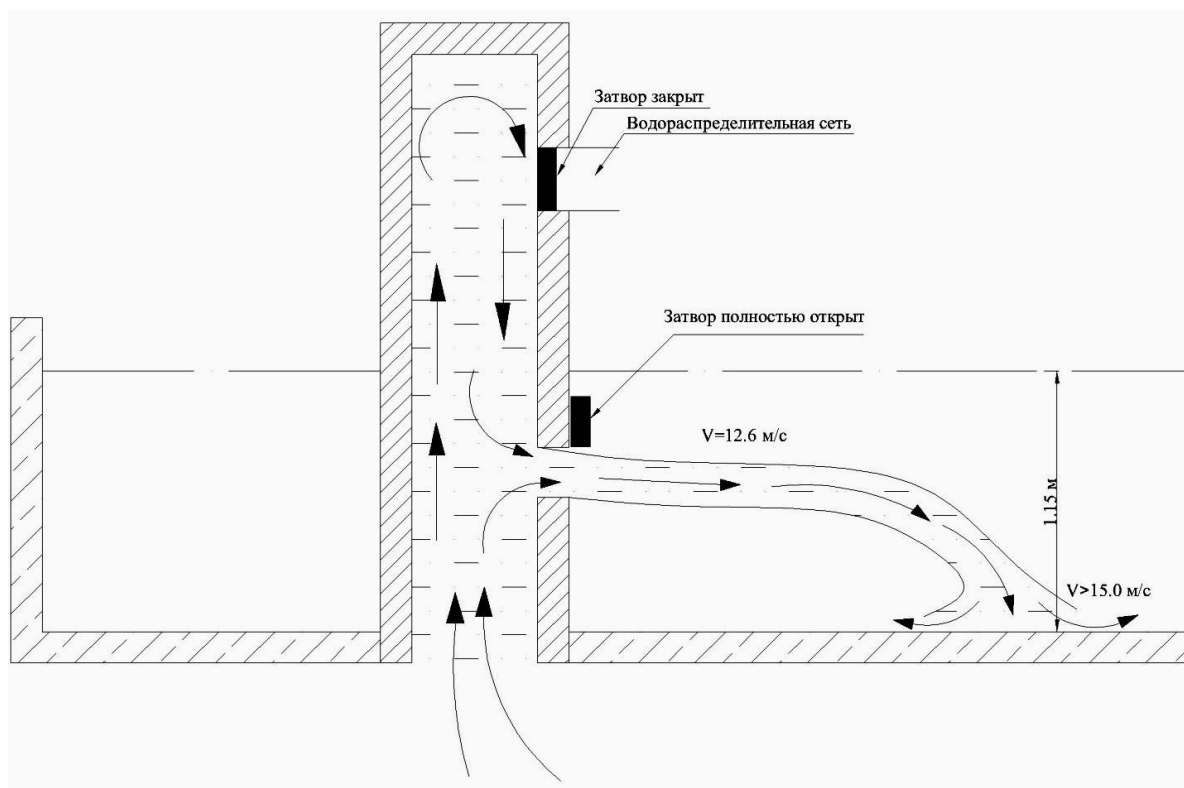


Рис. 2б. – Схема свободного истечения воды в начальный момент промывки

Внутренние размер шахты 2400*2200 позволяют выполнить на одной из граней квадратное отверстие и смонтировать в нем управляемый простой плоский затвор размером 500 *500, без особых требований к герметичности.

В связи с тем, что подъемные шахты расположены на расстоянии 6,7 м от стенок бассейна, а ось побудительного потока – на расстоянии более 8,0 м, рассчитаем кинематические характеристики побудительной струи в неподвижной среде (начальный этап включения) при достижении ею стенок бассейна (рис. 3а).

На основании решения уравнения изменения кинетической энергии вдоль плоской турбулентной затопленной струи Г.Н Абрамовичем получена следующая зависимость [3]:

$$\frac{U_{\max}}{U_0} = 1,2/\sqrt{kx/b_0 + 0,41},$$

где $U_{\max}$ – скорость по оси потока на расстоянии x от выходного сечения;

U_0 – скорость потока в выходном сечении;

k – коэффициент, характеризующий влияние турбулентности струи на степень ее расширения;

b_0 – половина ширины или высоты выходного отверстия затвора, в зависимости от плоскости изучения расширения струи.

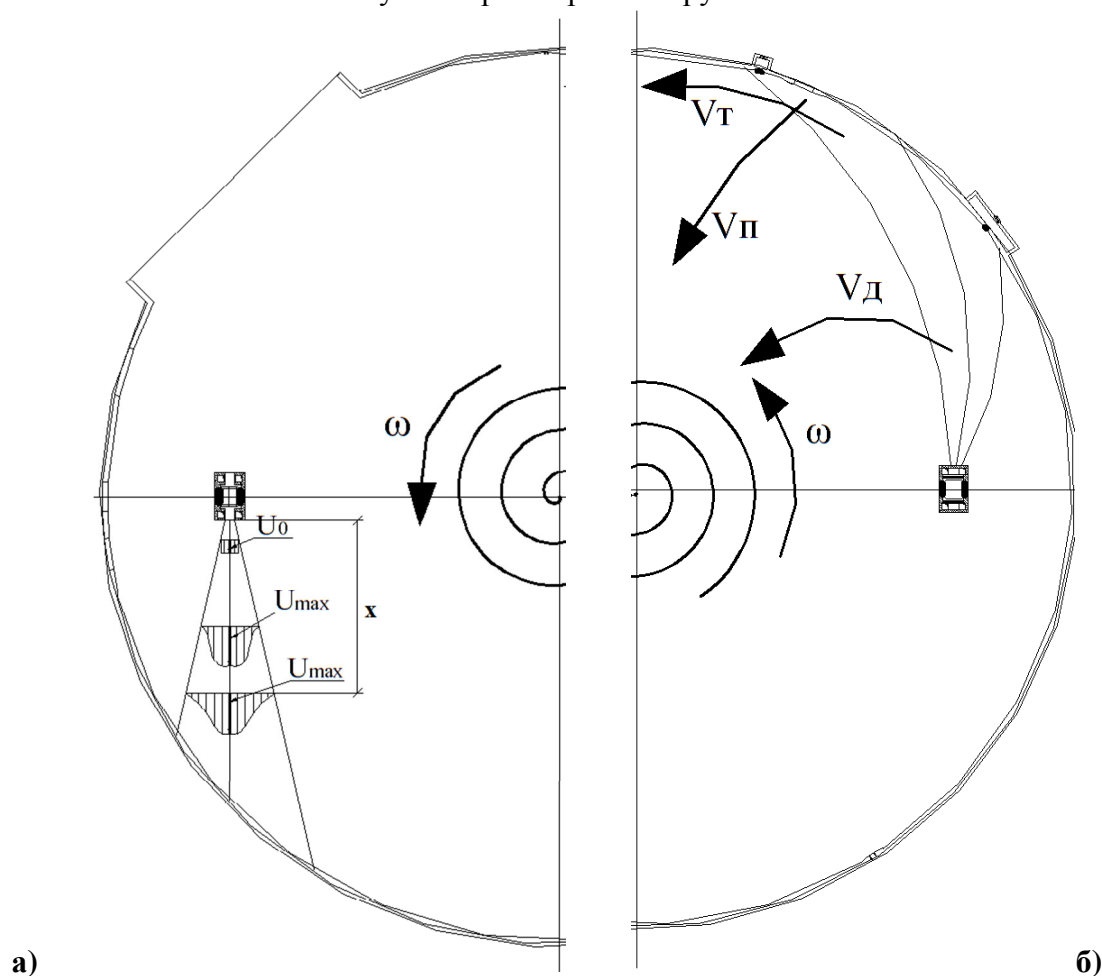


Рис. 3. – Турбулентные следы:
а) в спокойном потоке; б) во вращающемся потоке

В рассматриваемом случае степень турбулентности будет очень высокой, т.к. через затвор пропускается безнапорный восходящий поток со свободной поверхностью, возвратными течениями и сжатием струи по всему периметру, поэтому в первом приближении примем $k = 0,3$. В вертикальной плоскости, из-за малой расчетной высоты отверстия $a = 0,06$ м, произойдет очень быстрое затухание $U_{\max}$ на коротком расстоянии, поэтому в качестве расчетной принимаем половину ширины затвора $b_0 = 0,25$ м и рассматриваем плановое расширение струи.

Согласно проекту «Мостострой №6», расстояние от водопропускной грани затвора, по оси струи, до стенки бассейна равно $x = 48$ м. Тогда скорость по оси у стенки составит:

$$U_{\max} = \frac{U^0 1,2}{\sqrt{kx/b_0 + 0,41}} = 12,6 * \frac{1,2}{\sqrt{0,3 * 48/0,25 + 0,41}} = 1,98 \text{ м/с}$$

Полученная скорость $U_{\max}$ четырехкратно превышает требуемую тангенциальную $V_T = 0,5$ м/с.

Все представленные расчеты по преобразованию количества движения, параметров плоской турбулентной затопленной струи выполнены по простым расчетным схемам и не учитывают влияние попутного вращательного потока, потерь на трение при вращении всей массы воды (около 30000 т) в бассейне, а так же целый ряд факторов. С целью оптимизации основных параметров предложенного метода требуются более глубокие теоретические изыскания, проведение лабораторных модельных гидравлических исследований с учетом всех факторов, что планируется выполнить в ближайшее время.

Предлагаемый режим вращательного движения рекомендуется применять при условиях нормальной эксплуатации, в прохладные и холодные времена года, когда не требуется высокая интенсивность охлаждения и часть секторов орошения отключена. В это время большую часть оборотного расхода воды можно использовать в качестве побудительного, обеспечивающего вращение потока и очистку дна.

Наибольший эффект промывки, очистки дна бассейна и сбора мусора в центре вращения может быть получен во время останова блока. Вода из бассейна откачивается, все зоны орошения отключаются, полностью открываются затворы для сброса побудительного расхода, перекрывается входной участок отводящего канала и переливные окна. Один из 4-х рабочих насосов включается на полную мощность ($Q=12,5 \text{ м}^3/\text{с}$) на 30-40 минут, до полного заполнения бассейна. В начальный момент свободного истечения, при малой глубине воды в бассейне (рис. 3б), высокоскоростной поток (свыше 14 м/с) выполнит основную размывающую работу. После остановки насоса, вращение будет медленно останавливаться, а все размывные и взвешенные отложения за счет поперечной циркуляционной придонной скорости будут перемещены ближе к центру вращения.

По дну бассейна установлено большое количество опорных стоек, колонн и рам, которые частично будут препятствовать вращательному движению. Однако их суммарная площадь составляет не более 1% от площади дна всего бассейна. При этом за каждой стойкой и препятствием, в гидравлической тени, так же будут скапливаться отложения. Уборка и утилизация отложений после такой промывки будет значительно упрощена по сравнению с ситуацией, когда эти отложения были бы равномерно распределены по всей площади водосборного бассейна и на дне приемной аванкамеры ОНС.

Вышеизложенные расчеты свидетельствуют о принципиальной возможности создания вращательного движения воды в водосборных бассейнах башенных

испарительных градиен с целью повышения эффективности их эксплуатации, при минимальных затратах на модернизацию, пересмотра и дополнения некоторых положений типовых методик расчета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по гидравлике [Текст] / Под ред. В.А. Большакова. 2-е изд., перераб. и доп. – Киев.: Вища шк. головное изд.-во, 1984. – 343 с.
2. Экологический вестник Дона. «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2013 году» [Текст]. – Ростов-на-Дону: Администрация Ростовской области, 2013. – 291 с.
3. Штеренлихт, Д.В. Гидравлика [Текст] / Д.В. Штеренлихт: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 640 с., илл.

REFERENCES

- [1] Spravochnik po gidravlike [Reference book on hydraulics]. Pod red. V.A. Bol'shakova. 2-e izd., pererab. i dop. [Edited by V.A. Bolshakova, 2nd edit., reslave and additional] Kiev. Pub. Vishhashk. golovnoe izd.-vo [The higher school. Head publishing house], 1984, 343 p. (in Russian)
- [2] Ehkologicheskij vestnik Dona. «O sostojanii okruzhajushhejj sredy i prirodnykh resursov Rostovskoj oblasti v 2013 godu» [Ecological bulletin of Don. "About a state of environment and natural resources of the Rostov region in 2013"]. Rostov-in-Don, Pub. Administracija Rostovskoj oblasti [Administration of the Rostov region], 2013, 291 p. (in Russian)
- [3] Shterenlikht D.V. Gidravlika [Hydraulics]. Uchebnik dlja vuzov [The textbook for higher education institution] M. Pub. Ehnergoatomizdat [Energoatom Publishing House], 1984, 640 p. (in Russian)

Improving of Efficiency of Cleaning up Watersheds Basins of Cooling Vaporizing Towers

**O.L. Kolchenko *, I.A. Nagibina*, Ju.M. Matevosjan*,
G.V. Domrina**, I.P. Tjumenev*****

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

** *Novocherkassk Engineering and Meliorative Institute, Don State Agricultural University,
111, Pushkinskaya, Novocherkassk, Rostov region, 346428*

*** *Rostov NPP the branch of JSC Rosenergoatom Concern,
Volgodonsk-28, Rostov region, Russia 347340*

Abstract - Theoretical justification of not power-intensive mode of creation of a rotary motion is given in watersheds basins of modern cooling vaporizing towers for the purpose of prevention of carrying out of the solid soiling particles out of borders of the pool and their automatic collecting is given. It will allow to minimize costs of cleaning, considerably to lower load of the rotating grids and filters. The mode of creation of such movement and a way of modernization of design decisions is described.

Keywords: water, speed, expense, stream, spray, rotary motion, watersheds basin, cooling towers.

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

УДК 338.24

**КУЛЬТУРА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЕЕ
СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

© 2015 г. М.В. Головки

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

В статье раскрыто значение культуры экономической безопасности для атомной энергетики. Приводятся материалы, свидетельствующие о развитии деструктивных тенденций в отрасли. Отмечается необходимость сотрудничества государства, бизнеса и науки в формировании высокого уровня экономической культуры.

Ключевые слова: культура безопасности, экономическая безопасность, атомная энергетика, система внутреннего контроля, теория тройной спирали.

Поступила в редакцию 19.03.2015

Тенденции глобализации экономической сферы сопряжены с нарастанием сложности и дифференциации угроз ее развитию. Периодизация угроз экономической безопасности общества обусловлена его эволюцией, возникающие проблемы являются следствием и отражают особенности определенного этапа развития социально-экономической сферы. Так, например, А.В. Опалев и В.С. Пирумов, выделяют шесть этапов развития теории безопасности – от природных катаклизмов в первобытнообщинный строй, когда человек не мог противостоять силам природы, до бурного роста научно-технического прогресса, сопровождающегося ростом пренебрежительного отношения к природе и, следовательно, нарастанием угроз экологической безопасности [1].

Возрастание уровня и разнообразия экономических интересов, детерминируемых идеологией общества потребления, приводит к агрессивному использованию ресурсов, снижению значимости и, соответственно, расходов на обеспечение должного контроля хозяйственных процессов. Это может привести к тому, что даже перспективная инновационная деятельность будет формировать угрозы безопасному развитию общества. Пример – атомные электрические станции (АЭС).

Государственная корпорация «Росатом» (далее – ГК «Росатом») входит в число системообразующих организаций страны, оказывающих существенное влияние на социально-экономическую стабильность в субъектах РФ. Развитие атомной энергетики как одной из самых перспективных и инновационных отраслей национальной экономики сопряжено с обострением проблемы обеспечения ее безопасности. Каждый атомный объект имеет стратегическое значение для страны, уровень его технической безопасности определяет результаты функционирования всего или значительной части атомного кластера. На предприятиях, входящих в его состав, функционируют специализированные службы безопасности, тщательно организована система охраны периметров и т.п. Таким образом, все, что касается обеспечения технической составляющей безопасности объектов атомной энергетики, находится на достойном

уровне, позволяющем предупреждать возникающие угрозы.

Однако следует отметить непреходящую актуальность проблемы обеспечения экономической безопасности атомной энергетики в сфере противодействия угрозам криминализации хозяйственных процессов. Развитие теневых экономических отношений сопряжено с множеством причин – от недостаточного уровня контроля и стремления максимизировать инсайдерскую ренту до существенного расхождения формальных требований с общепринятой практикой, что приводит к распространению коррупционных контрактов.

На современном этапе сформировалось мнение, что коррупция может способствовать развитию бизнеса. Не исключено, что сегодня в сфере мелкорозничной торговли сговор с чиновниками может привести к обеспечению выживаемости бизнеса. Однако в инновационных и стратегически важных для страны отраслях, для которых характерны использование национального ресурсного потенциала, высокие прибыли и значительное бюджетное финансирование, любые нарушения норм и правил, приводящие к обогащению отдельных лиц, будут угрожать экономической безопасности государства.

Строительство и функционирование АЭС связаны с формированием множества хозяйственных связей с подрядными организациями. Учитывая характерную для атомной отрасли специфичность заказов (уникальность материалов, сложность услуг), связанную с этим ограниченность выбора контрагентов и высокую стоимость сделок, необходимо осуществлять жесткий контроль за целевым использованием инвестируемых средств. К сожалению, и для атомной энергетики характерны случаи изъятия инсайдерской ренты недобросовестными сотрудниками предприятий. Стимулы для инсайдеров тем выше, чем больше финансовые потоки, поэтому государственные корпорации с бюджетным финансированием, являются крайне привлекательным объектом для экономических преступлений.

На сегодняшний день контроль экономических трансакций объектов ГК «Росатом» приобретает еще более серьезное значение, учитывая сложную внешнеполитическую обстановку. Росатом является активным участником внешнеэкономической деятельности и, следовательно, испытывает определенные трудности с введением экономических санкций. Так, по информации ТАСС России, более пристальному контролю со стороны ЕС теперь подвергаются контракты без конкурентного тендера, с государственным субсидированием экспортоориентированной продукции и т.п. [3].

Еще одной важной проблемой является то, что зачастую сметные нормативы на строительство объектов ГК «Росатом» и других госкорпораций оказываются необоснованно завышенными. По сведениям Счетной палаты, это приводит к увеличению сметной стоимости строительства и к перерасходу бюджетных средств на 20-45%. Аффилированность заказчиков нормативов с их разработчиками способствует увеличению стоимости услуг последних. Так, например, разработка только двух сметных нормативов для ГК «Росатом» и космодрома «Восточный» составила 944 млн.руб. вместо возможных 250 млн.руб. [4].

Популяризация кластерного подхода в современной экономике также предъявляет повышенные требования к формированию системы обеспечения не только экономической безопасности при взаимодействии всех элементов кластера, но и эффективных для общества результатов его функционирования. Эффективность определяется показателями рентабельности, экономичности, качества и надежности. Практике известно множество примеров, когда при соблюдении первых двух критериев серьезно страдают критерии качества и надежности, т.к. они зачастую находятся в обратной зависимости. Использование более дешевого сырья, комплектующих,

низкоквалифицированных кадров и т.п. приводит к негативному изменению характеристик создаваемых материальных объектов или оказываемых услуг.

В условиях экономического кризиса приоритеты смещаются в пользу тотальной экономии для выхода на низкую себестоимость. Однако это не должно касаться стратегически важных для национальной экономики отраслей, в число которых входит атомная энергетика. Экономия ресурсов может отразиться на надежности и безопасности функционирования АЭС. В то же время, сама многосубъектность атомного кластера создает дополнительные возможности для незаконных трансакций, нецелевого расходования бюджетных средств и т.п.

По программе развития ГК «Росатом» на 2009-2015гг. было выделено финансирование в размере 941,8 млрд.руб., из которых бюджетные средства составили 424,6 млрд.руб. В ходе проверки периода 2011-2013гг. были выявлены нарушения целевого использования: из перечисленных 184,8 млрд.руб. до филиалов компании дошло только 52-68% от предназначенных средств, что закономерно привело к увеличению сроков сдачи объектов в эксплуатацию, их простаиванию, частичной деградации, способной привести к формированию в дальнейшем угроз технической и экологической безопасности [5]. Есть еще факты попыток изъятия инсайдерской ренты – в конце 2014г. служба внутреннего контроля и аудита ГК «Росатом» выявила на госзакупках лот Курской АЭС на дорогостоящую (порядка 5 млн.руб. за 8 месяцев) аренду автомобилей класса «люкс» для перевозки документации [6]. Эти случаи не единичны. В условиях ограниченности ресурсов и сокращения доходов государственного бюджета подобные ситуации недопустимы и требуют скорейшего разрешения.

На сегодняшний день существует достаточное количество форм и способов обеспечения экономической безопасности. Это многочисленные нормативно-правовые акты, ведомственные инструкции, направленные на организацию и контроль всех финансовых и хозяйственных процессов, с которыми сопряжено функционирование объектов атомной энергетики. В частности, с 2009г. в ГК «Росатом» успешно работает система внутреннего контроля (СВК), осуществляющая контроль законности деятельности всех структурных подразделений корпорации. СВК направлена на:

- обеспечение реализации требований государства по усилению ответственности госкорпорации в сфере безопасности и эффективности деятельности при использовании ядерной энергии;
- предоставление возможности контроля эффективности деятельности госкорпорации со стороны государственных органов;
- реализацию ответственности госкорпорации как получателя бюджетных средств за соблюдение бюджетного законодательства Российской Федерации [7].

Однако без идеологической составляющей СВК не обойтись, она должна выражаться в создании и развитии особой культуры экономической безопасности взаимодействия различных объектов в иерархии госкорпорации. Это будет соотноситься с возрастающей значимостью таких категорий, как доверие инвесторов, мотивация на добросовестное выполнение обязанностей и т.п. Данные «неэкономические» категории до сих пор встречают у неоклассиков сопротивление при использовании для исследования экономических процессов. Однако возрастающая многоаспектность человеческой жизнедеятельности приводит к междисциплинарности методологических подходов. Этика и мораль являются немаловажными факторами экономической жизни общества вследствие наличия таких врожденных качеств человека, как моральные, религиозные и эстетические [8].

Культура экономической безопасности занимает важнейшее место в системе обеспечения экономической безопасности, поскольку в условиях дерегулирования

экономики, сопровождающегося сокращением государственного надзора и контроля, возрастает значение ответственности граждан и их способности к самоограничению и саморегулированию. Это позволит сгладить несовершенства существующей нормативно-правовой базы. В то же время, в условиях высокого уровня экономической культуры сокращается необходимость содержания масштабного механизма принуждения к выполнению законов и правил. Таким образом, синтез нормативов, требований экономической эффективности и этики должен стать краеугольным камнем не только СВК в ГК «Росатом», но и государственной политики регулирования взаимодействий всех хозяйствующих субъектов.

Кластерный подход к развитию экономики вполне применим в сфере обеспечения ее безопасности. Так, достаточное распространение получила теория тройной спирали как нового способа формирования инновационной экономики. Данная матрица лежит в основе развития многих инновационных отраслей российской экономики, в том числе и атомной энергетики и представляет собой взаимодействие государства, бизнеса и науки (образования). По мнению экспертов в сфере культуры безопасности, нормальное функционирование и перспективное развитие атомной энергетики возможно только при обеспечении доверия со стороны общества к мероприятиям, осуществляемым ГК «Росатом», направленным, в первую очередь, на безопасность [2].

Учитывая возрастающую роль человека в формировании угроз развитию общества, особое значение в формировании культуры безопасности принадлежит образовательным учреждениям, в которых наряду с профессиональными компетенциями прививаются общекультурные ценности и правила поведения. Значимость письменного оформления важнейших инструкций и правил на ядерном предприятии не снижает ценности неформальных норм и корпоративных традиций, например, неприятия и осуждения нарушений.

Согласно теории тройной спирали, повышение уровня культуры экономической безопасности в атомной энергетике будет основываться на:

- нормативно-правовой базе, государственных программах развития национальной экономики и отрасли (уровень государства);
- внедрении стандартов и правил в деятельность АЭС и других объектов атомной энергетики: комбинаты, заводы, малые инновационные предприятия (бизнес);
- результатах исследовательской и образовательной деятельности НИИ, лабораторий, учебных заведений, ориентированных на подготовку специалистов для атомной отрасли (уровень науки и образования).

Общими задачами трех указанных уровней будут являться следующие:

- подбор и подготовка новых кадров по требуемым компетенциям;
- организация обучения и переподготовки опытных кадров согласно изменяющимся профессиональным требованиям, принципам безопасности;
- способствование формированию осознанной необходимости и внутренней потребности готовности работать по правилам, неприемлемости нарушений на внутриличностном уровне;
- создание единой и транспарентной системы профессиональных стандартов, критериев, требований в работе.

Именно поэтому особую роль в формировании культуры экономической безопасности призваны сыграть высшие учебные заведения. Кластер атомных технологий Ростовской области представляет собой совокупность крупных объектов, в число которых входят производственные предприятия, научно-исследовательские институты и вузы. Кластерный подход в атомной энергетике был впервые применен в области в начале 70-х годов 20 в., когда был построен завод «Атоммаш». Особое место в научном секторе модели тройной спирали Ростовской области занимает ВИТИ

НИЯУ МИФИ, осуществляющий подготовку специалистов для атомной энергетики и являющий собой пример результативного сотрудничества с предприятиями атомного машиностроения и другими ключевыми производственными предприятиями области, с органами власти. Активная поддержка государством и бизнесом подобных региональных вузов, станет залогом успешного развития кластерного подхода в атомной энергетике.

Таким образом, можно заключить следующее. Культура экономической безопасности на объектах ядерной энергетики представляет собой совокупность качеств, принципов, отношений и поведения экономических субъектов, позволяет поддерживать достаточный уровень развития отрасли без угроз ее безопасности. Ее обеспечение будет зависеть от качественных результатов трехстороннего диалога государства, бизнеса и науки и образования, что согласуется с кластерной формой развития отрасли.

ВЫВОД

Максимизация инсайдерской ренты на объектах атомной энергетики, нарушения действующего законодательства, агрессия со стороны внешнеторговых партнеров – все это актуализировало проблему обеспечения высокого уровня культуры экономической безопасности и потребовало поиска новых форм ее разрешения. Помимо существующих механизмов ее контроля и обеспечения следует активно развивать ее идеологический блок как неформальный механизм поддержки формальных норм и правил.

Развитию культуры экономической безопасности будет способствовать становление управленческого плюрализма, основанного на доминировании общества, а не государства. Это должно проявляться в объединении людей для самостоятельного решения проблем, движущей силой которого станет не государственный контроль, а повышенная социальная ответственность (личная, профессиональная, гражданская и деловая). Именно подобный подход будет служить адекватной методологией создания новой системы экономической безопасности государства, основанной на высоком уровне культуры безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Опалев, А.В., Пирумов, В.С.* Национальная безопасность [Текст] / А.В. Опалев, В.С. Пирумов. – М.: Оружие и технологии, 2011. – С. 21.
2. *Руденко, В.А.* К истории понятия «культура безопасности» [Текст] / В.А.Руденко // Глобальная ядерная безопасность. - 2014. - №3(12). – С. 100.
3. СМИ: ЕС может заблокировать атомный контракт Венгрии с Россией [Электронный ресурс] // РИА ТАСС. – Режим доступа: URL: <http://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/1785211>. – 18.03.2015.
4. Счетная палата: нормативы в строительстве приводят к завышению расходов бюджета на 20-45% [Электронный ресурс] // РИА ТАСС. – Режим доступа: URL: <http://tass.ru/ekonomika/1753460>. – 18.03.2015.
5. Счетная палата раскритиковала Росатом за нарушения при финансировании строительства АЭС [Электронный ресурс] // РИА ФедералПресс. – Режим доступа: URL: <http://fedpress.ru/news/econom/budget/1421386803-schetnaya-palata-raskritikovala-rosatom-zanarusheniya-pri-finansirovanii-stroitelstva-aes>. – 18.03.2015.
6. Топ-10 самых расточительных покупок госкомпаний [Электронный ресурс] // РИА ФедералПресс. – Режим доступа: URL: http://fedpress.ru/news/polit_vlast/news_polit/1416565156-top-10-samykh-rastochitelnykh-pokupok-goskompanii. – 18.03.2015.

REFERENCES

- [1] Opalev A.V., Pirumov V.S. Natsionalnaya bezopasnost [National safety]. M. Pub. "Oruzhiye i tekhnologii" [Weapon and technologies], 2011, ISBN: 978-5-93799-042-6, p. 21. (in Russian)
- [2] Rudenko V.A. K istorii ponyatiya «kultura bezopasnosti» [To history of the concept "safety culture"] Globalnaya yadernaya bezopasnost. [Global nuclear safety] 2014, №3(12), ISSN 2305-414X, p. 100. (in Russian)
- [3] SMI: YeS mozhet zablokirovat atomny kontrakt Vengrii s Rossiyei [Mass media: The EU can block the nuclear contract of Hungary with Russia] RIA TASS [RIA TASS] Available at: <http://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/1785211>. (in Russian)
- [4] Schetnaya palata: normativy v stroitelstve privodyat k zavyscheniyu raskhodov byudzheta na 20-45% [Audit Chamber: standards in construction lead to overestimate of expenses of the budget for 20-45%] RIA TASS [RIA TASS] Available at: <http://tass.ru/ekonomika/1753460> (in Russian)
- [5] Schetnaya palata raskritikovala Rosatom za narusheniya pri finansirovanii stroitelstva AES [Schetnaya palata raskritikovala Rosatom za narusheniya pri finansirovanii stroitelstva AES] RIA FederalPress.[RIA of Federalpress] Available at: <http://fedpress.ru/news/econom/budget/1421386803-schetnaya-palata-raskritikovala-rosatom-za-narusheniya-pri-finansirovanii-stroitelstva-aes>. (in Russian)
- [6] Top-10 samykh rastochitelnykh pokupok goskompany [Top-10 the most wasteful purchases of state companies] RIA FederalPress.[RIA of Federalpress] Available at: http://fedpress.ru/news/polit_vlast/news_polit/1416565156-top-10-samykh-rastochitelnykh-pokupok-goskompanii. (in Russian)

Economic Safety Culture and its Strategic Importance for Nuclear Power**M.V. Golovko**

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
73/94 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360
e-mail: golovko178@mail.ru*

Abstract - In article value of economic safety culture for nuclear power is shown. The materials testifying to development of destructive tendencies in branch are given. Need of cooperation of the state, business and science for formation of high level of economic culture is noted.

Keywords: safety culture, economic safety, nuclear power, of internal control system, theory of a threefold spiral.

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

УДК 343.136

**КОНЦЕПЦИЯ ДОСУДЕБНОЙ ПОДГОТОВКИ МАТЕРИАЛОВ
ПО ПРЕСТУПЛЕНИЯМ, СОВЕРШЕННЫМ В СФЕРЕ
ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ**

© 2015 г. В.Ю. Долгополов

Адвокатская палата Ростовской области, Ростов-на-Дону, Ростовская обл.

В работе дана оценка определения степени тяжести преступлений совершаемых в сфере ядерной безопасности, а также рассматривается вопрос о подследственности органам дознания этих преступлений.

Ключевые слова: ядерная безопасность, степень тяжести преступления, предварительное расследование, дознание.

Поступила в редакцию 19.05.2015

Ядерные материалы и радиоактивные вещества (далее ЯМиРВ) в последнее время становятся все более востребованными. ЯМиРВ в последние десятилетия стали широко применяться в современном сельском хозяйстве медицине и промышленности – от диагностики, лечения болезней, обработки пищевых продуктов до геологоразведки нефтяных скважин и водных ресурсов.

Незаконное завладение и нелегальный оборот ЯМиРВ несут в себе опасность глобального распространения и, тем самым, представляют угрозу здоровью людей и безопасности общества. Кроме загрязнения окружающей среды они, в частности, могут быть использованы, в смешении с более доступными простыми взрывчатыми веществами, для создания простейших ядерных взрывных устройств или, так называемой, «грязной бомбы». Многочисленные факты, свидетельствующие о возможности похищения гангстерскими группировками таких материалов, неоднократно приводились в мировой печати еще в 60-70 годы [2]. Поэтому установление физической защиты ядерных материалов является одной из радикальных мер, направленных на предотвращение распространения ядерного оружия [1].

Кроме системы физической защиты ядерных материалов существенное значение имеет государственная система учета и контроля за ядерными материалами, что позволяет реализовывать и поддерживать нормальное функционирование механизма нераспространения ядерного оружия и соблюдения гарантий МАГАТЭ.

Государственный учет и контроль за оборотом ЯМиРВ регулируется Постановлением Правительства РФ от 06.05.2008 N 352 «Об утверждении Положения о системе государственного учета и контроля ядерных материалов» (далее Постановление). В статье 29 указанного постановления закреплено буквально следующее: «За нарушение установленного порядка ведения государственного учета и контроля ядерных материалов должностные лица несут ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации». Меры юридической ответственности или, если угодно, применение к лицу мер государственного принуждения в связи с

совершенным правонарушением, закреплены как в Кодексе об административных правонарушениях Российской Федерации (далее КоАП РФ), так и в Уголовном кодексе Российской Федерации (далее УК РФ).

В КоАП РФ в главе 9 «Административные правонарушения в промышленности, строительстве и энергетике» заложена статья 9.6 «Нарушение правил использования атомной энергии и учета ядерных материалов и радиоактивных веществ». Данная статья устанавливает ответственность за нарушение норм и правил в области использования атомной энергии. Выявлять такие нарушения, принимать решение о виновности и выносить постановления, уполномочены должностные лица Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор).

В свою очередь УК РФ содержит в себе две статьи, прямо указывающие на запрет и ограничение неправомерного оборота ядерных материалов и радиоактивных веществ. Это статья 220 «Незаконное обращение с ядерными материалами или радиоактивными веществами» и статья 221 «Хищение либо вымогательство ядерных материалов или радиоактивных веществ». При предупреждении, пресечении и расследовании преступлений в сфере ядерной безопасности мы однозначно столкнемся с уголовными правонарушениями предусмотренными диспозициями многих других статей УК РФ. Так для достижения целей захвата ЯМиРВ могут быть совершены преступления против жизни и здоровья, при неправильной нелегальной транспортировке может определиться состав экологического преступления и т.д. Но в данной работе мы будем опираться только на статьи УК РФ непосредственно связанные с ЯМиРВ.

Расследованием уголовных дел занимаются органы предварительного расследования. По общему правилу, закрепленному в части 1 статьи 150 Уголовно-процессуального кодекса Российской Федерации (далее УПК РФ) Предварительное расследование производится в форме предварительного следствия либо в форме дознания. Подобная дифференциация объясняется законодателем большим количеством, как материально-правовых, так и процессуальных предпосылок: различной тяжестью расследуемых преступлений и т. д.

В соответствии с пунктом 3 части 2 статьи 151 УПК РФ предварительное следствие производится следователями органов внутренних дел по частям два и три статьи 220 УК РФ и частям два и три статьи 221 УК РФ. В соответствии с пунктом 1 части 3 статьи 150 УПК РФ дознание производится по части первой статьи 220 УК РФ и части первой статьи 221 УК РФ.

Таким образом, досудебная подготовка материалов по интересующим нас статьям уголовного кодекса производится двумя равнонаправленными по цели, но различными по структуре, статусу и полномочиям органами предварительного расследования.

Так, согласно пункта 8 статьи 5 УПК РФ дознание – форма предварительного расследования, осуществляемого дознавателем (следователем), по уголовному делу, по которому производство предварительного следствия необязательно.

Прямого определения понятия «Предварительное следствие» законодатель не заложил, но по смыслу современного уголовного процесса мы можем утверждать, что это деятельность органов и должностных лиц, осуществляющих в полном объеме досудебную подготовку материалов по совершенным уголовным правонарушениям. Также, предварительное следствие считается основной формой расследования, так как в ней наиболее полно представлены все процессуальные возможности досудебного производства и гарантии прав участвующих лиц.

Отличия предварительного следствия от дознания состоят: в методе уголовно-процессуального регулирования; в субъектах проводящих досудебную подготовку материалов; в сроках предварительного расследования; в процессуальном статусе лица, привлеченному к уголовной ответственности; в способе формирования позиции

стороны обвинения для последующего судебного разбирательства; в соотношении прокурорского надзора и ведомственного контроля; в форме окончания предварительного расследования (итоговый документ).

По смыслу части 3 статьи 150 УПК РФ к подследственности дознания относятся преступления небольшой и средней тяжести, за совершение которых максимальное наказание, предусмотренное УК РФ, не превышает трех лет лишения свободы и не представляющих большой сложности в расследовании.

В то же время определять степень тяжести ст.ст. 220, 221 УК РФ с позиции максимального наказания, предусмотренного в санкциях, на наш взгляд не правомерно на том основании, что возможный ущерб от совершения преступных деяний предусмотренных диспозициями данных статей неограниченному количеству лиц и окружающей среде будет колоссальным и практически необратимым. Это связано прежде всего с тем, что все вещества, являющиеся предметом исследуемых нами преступлений, имеют свойство радиоактивности.

Что касается досудебной подготовки материалов по делам, связанным с ядерной безопасностью, учитывая особый статус ЯМиРВ, сопряженный с исключительной опасностью его хранения, транспортировки и применения, то здесь требуется высоко квалифицированный специалист, способный при отсутствии специальных познаний в сфере ядерной энергетики предусмотреть все нюансы и аспекты формирования доказательной базы для составления обвинительного заключения и передачи на рассмотрение дела по существу в суд. На наш взгляд сотрудники органа дознания как субъекты предварительного расследования на роль таких «квалифицированных специалистов» не подходят, в связи с тем, что ежедневная практика их деятельности связана с расследованием преступлений, не представляющих большой сложности доказывания.

Термин «досудебная подготовка материалов» в современном уголовно-процессуальном законодательстве не предусмотрен. На наш взгляд Досудебную подготовку материалов можно определить как необходимую, самостоятельную стадию уголовного процесса, заключающуюся в правоотношениях и деятельности уполномоченных органов по установлению наличия или отсутствия фактических и юридических оснований для передачи уголовного дела в суд.

В свете вышеизложенного, если принять за аксиому, что расследование преступлений, предусмотренных ст.ст. 220 и 221 УК РФ в форме дознания невозможно, в виду особой опасности оборота ЯМиРВ, роль дознания здесь видится не в качестве формы расследования, а в виде органа, осуществляющего оперативно-розыскную деятельность (ОРД). На первоначальной стадии его функция – с помощью оперативно-розыскных мероприятий (ОРМ) определить наличие события преступления, установить лицо, подлежащее привлечению в качестве обвиняемого с полным запретом проведения каких либо следственных действий. С этой функцией вполне могут справиться сотрудники службы безопасности, состоящие в штате Министерства Российской Федерации по атомной энергии (Минатом России). Таким образом, будет решен вопрос о досудебной подготовке материалов в полном объеме с соблюдением всех специфических тонкостей определения события преступления и фиксации доказательств виновности субъектов преступления.

В мировой практике обеспечения ядерной безопасности существуют механизмы обнаружения и противодействия незаконному обороту ядерных и других радиоактивных материалов, одним из которых является ядерная криминалистика.

Проводя аналогию с привлечением к ответственности за правонарушение, предусмотренное ст. 9.6 КоАП, где субъектом выявления правонарушения является сотрудник профильной государственной организации – Ростехнадзора, целесообразно

предусмотреть последовательную подготовку материалов по уголовным правонарушениям, предусмотренным ст.ст. 220 и 221 УК РФ работниками службы безопасности профильного ведомства – Росатома России.

Данная концепция расследования интересующих нас составов преступлений укладывается в предложенную нами форму дознания как вида расследования. Так в ранее опубликованной работе под названием «К вопросу о дознании как виду расследования» изложено буквально следующее: «Принимая во внимание закрепленную в основном законе государственную функцию защиты населения, физических и юридических лиц, общая концепция расследования частно-публичных и публичных преступлений выглядит следующим образом: дознание посредством ОРМ собирает информацию, фиксирует следы преступления, устанавливает лицо, подлежащее привлечению в качестве обвиняемого и, как кульминация – передает собранные улики прокурору для предъявления в суде публично в открытом состязательном процессе. Судебный следователь проводит следственные действия, в процессе которых улики приобретают статус доказательств, или не приобретают. Окончанием судебного следствия, является квалификация действий виновного (статья, часть, пункт). Следующая стадия – назначение судом наказания виновному» [4].

Техническое развитие атомной энергетики в мире, приводит к росту количества объектов подлежащих физической охране в рамках ядерной безопасности. В свою очередь растет число случаев незаконного оборота ядерных материалов (НОЯМ).

Анализ информации по подтвержденным случаям НОЯМ показывает, что:

- большинство случаев НОЯМ приходится на Европу, а также на государства-участники Конвенции о физической защите ядерного материала;
- физические и химические формы украденных ядерных источников и материалов свидетельствуют о том, что наиболее уязвимыми для злоумышленников являются конверсионная и постконверсионная стадии ядерного топливного цикла;
- наиболее уязвимые предприятия – предприятия сферы производства ядерного топлива и хранилища радиоактивных материалов;
- МАГАТЭ все еще обладает ограниченной информацией о происхождении радиационных источников [2].

Таким образом, учитывая международный опыт обеспечения ядерной безопасности в части предупреждения, пресечения и расследования профильных преступлений, целесообразно предусмотреть наделение сотрудников службы безопасности правами позволяющими проводить досудебную подготовку материалов с использованием ОРМ, но с запретом проведения следственных действий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. IAEA Safeguards. Glossary. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1980, p. 71.
2. Личаев, В. Проблема бесхозных радиоактивных источников: пути решения. Суть и масштаб проблемы – кто виноват? [Электронный ресурс] / В. Личаев. – Режим доступа: URL: <http://www.xn--80aejkguebwb4j.xn--p1ai/132/142.htm>. – 19.05.2015
3. Международное атомное право [Текст] / отв. ред. А.И. Иойрыш, А.М. Петросьянц, В.Ф. Петровский. – М., 1987. – С. 384–385.
4. Долгополов, В.Ю. К вопросу о дознании как виду расследования // Сборник тезисов Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию судебной реформы 1864 года «Юридическая наука: традиции и новации». Том II. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2014. – С. 446.

REFERENCES

- [1] IAEA Safeguards. Glossary. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1980, p. 71. (in English)
- [2] Lichaev V. Problema beskhoznykh radioaktivnykh istochnikov: puti reshenija. Sut' i masshtab problemy – kto vinovat? [Problem of ownerless radioactive sources: solutions. An essence and scale

of a problem – who is guilty?]. Available at: <http://www.sql-tutorial.ru> (in Russian)

- [3] *Mezhdunarodnoe atomnoe pravo* [International nuclear law]. *Otv. red. A.I. Iojrysh, A.M. Petros'janc, V.F. Petrovskijj* [editors-in-chief A.I. Ioyrysh, A.M. Petrosyants, V. F. Petrovsky] M. Pub. "Nauka" [Science], 1987, p. 384–385. (in Russian)
- [4] Dolgoplov V.Ju. *K voprosu o doznanii kak vidu rassledovaniya* [To a question of inquiry as to a type of investigation]. *Sbornik tezisov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj 150-letiju sudebnoj reformy 1864 goda «Juridicheskaja nauka: tradicii i novacii»* [The collection of theses of the International scientific and practical conference devoted to the 150 anniversary of judicial reform of 1864 "Jurisprudence: traditions and innovations"] Vol. II, Rostov-in-Don. Pub. "Izdatelstvo Juzhnogo federal'nogo universiteta" [Publishing house of the Southern federal university], 2014, p. 446. (in Russian)

The Concept of Materials Pre-trial Preparation for the Crimes Committed in the Nuclear Safety Sphere in Russia

V.Yu. Dolgoplov

*Advocates' chamber of the Rostov region
12 Voroshilovsky Av., Rostov-in-Don, Russia 344006
e-mail: 8827555@mail.ru*

Abstract - In work the assessment of severity determination of the crimes committed in the nuclear safety sphere is given and also the question of the investigative jurisdiction of these crimes investigation is considered.

Keywords: nuclear safety, severity of a crime, the preliminary investigation, inquiry.

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

УДК 621.039.58:621.039.68

**ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОЙ РЕАЛИЗАЦИИ
ПРАКТИКООРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ПОДГОТОВКИ
КАДРОВ ДЛЯ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ
РЕСУРСНЫХ ЦЕНТРОВ ПРЕДПРИЯТИЙ**

© 2015 г. В.А. Руденко, Н.П. Василенко

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

В работе рассматриваются современные подходы к организации практико-ориентированного обучения студентов на базе Ресурсного центра ВИТИ НИЯУ МИФИ для обучения отечественных и иностранных студентов эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и инжинирингу российских и зарубежных АЭС.

Ключевые слова: практико-ориентированный подход, подготовка кадров, ресурсный центр, академическая мобильность.

Поступила в редакцию 20.06.2015 г.

Вопросы кадрового обеспечения предприятий атомной отрасли, в современных условиях и темпах развития производства, требуют инновационных подходов в направлениях сотрудничества предприятий и образовательных организаций высшего образования. Поэтому одной из важнейших задач Федеральных целевых программ развития образования на 2011–2015 и 2016–2020 годы была определена и остается актуальной переориентация системы образования Российской Федерации под нужды ключевых отраслей промышленности и экономики страны, в том числе: энергетики и атомного энергопромышленного комплекса [1].

Кроме того, Концепцией Федеральной целевой программы развития образования 2016 – 2020 годы определены конкретные показатели образовательных организаций высшего образования по участию работодателей в организации учебной и производственной практик, предоставлении оборудования и материалов, участии в разработке образовательных программ и оценке результатов их освоения, проведении учебных занятий. Требования к исполнению данных показателей указывают на необходимость поиска новых форматов взаимодействия с работодателями в организации образовательного процесса.

Как отмечают многие аналитики и практики в области университетской инженерной подготовки кадров, выпускник вуза, подготовленный без привязки к конкретному месту работы, создавать новую стоимость начинает, как правило, через год–два, пройдя профессиональную «доводку» уже на предприятии и получив необходимую сумму профессиональных компетенций. Этот недостаток преодолевается с непрерывной научно-производственной практикой на базовых предприятиях-заказчиках. Выпускники будут подготовлены для работы на конкретном предприятии, в конкретном подразделении, возможно, и на конкретном рабочем месте инженера, по

их мнению, если: подготовка инженеров планируется на основе долгосрочного договора с предприятием в соответствии с программой развития отрасли; программы практик по содержанию и срокам будут рационально сочетаться с программами теоретического обучения; учебные планы и программы теоретических дисциплин и практик согласованы с предприятием; используется материально-техническая база предприятия, включая уникальные испытательные стенды и образцы новой техники; программы дисциплин непрерывно корректируются и адекватно отражают процесс динамично развивающейся отрасли; требования к специалистам прогнозируются и с опережением обновляются [2].

Инициатива CDIO, принятая во многих инженерных вузах России, нацеливает на использование таких образовательных технологий, которые бы обеспечивали, если не полную ликвидацию периода адаптации выпускника на производстве, то, по крайней мере, его существенное сокращение [3].

Однако, как отмечает президент Ассоциации инженерного образования России, профессор Ю.П. Похолков во введении к обсуждению темы «Практико-ориентированные образовательные технологии в инженерном вузе», этого не происходит. По его мнению, тенденции, которые в настоящее время преобладают в деле трансформации инженерных образовательных программ (включая содержание и технологии), не дают надежды на скорое изменение ситуации в деле подготовки современных инженеров, так как «при сохранении классно-урочной системы обучения будущих инженеров» снизить остроту данного противоречия не представляется возможным. Кроме того, отмечает автор, вузовские преподаватели, как правило, не имеют практического, производственного опыта, что существенно снижает возможность формирования у будущих инженеров именно тех компетенций, которые требуют работодатели [4].

Одной из тех форм взаимодействия образовательной организации и предприятий, которая позволит разрешить эту проблему для предприятий атомной отрасли являются Отраслевые ресурсные центры на базе предприятий, что рассматривается как инновационная, практико-ориентированная, современная модель подготовки востребованных специалистов, ориентированных на работу в атомной отрасли.

Современная высокотехнологичная техника атомной отрасли требует квалифицированного работника, как по рабочим профессиям, так и по должностям, требующим среднего профессионального и высшего образования. Открытие Ресурсного центра позволит студентам, обучающимся по программам среднего профессионального и высшего образования, получить возможность адаптироваться к реальным производственным условиям монтажа, наладки, ремонта и эксплуатации атомных станций. На базе ресурсного центра студенты и специалисты атомной отрасли будут иметь возможность заниматься разработкой методологии проектирования, изготовления, производства и эксплуатации оборудования АЭС.

Организация практико-ориентированного подхода к подготовке специалистов для атомной отрасли на базе Ресурсного центра позволит выполнить все необходимые условия для подготовки специалиста, востребованного отраслью: материально-техническое обеспечение практического обучения на оборудовании, которое устанавливается на АЭС; учебно-методическое обеспечение, позволяющее формировать профессиональные компетенции выпускников вуза; поэтапность формирования профессиональных компетенций, выделенных в соответствии с требованиями работодателей, ФГОС ВО и профессиональных стандартов работников атомной отрасли; обеспечение оптимально структурированного содержания теоретического и практического обучения; повышение квалификации педагогических кадров, обеспечивающих руководство практико-ориентированным обучением

студентов; обеспечение эффективного сетевого взаимодействия и развития академической мобильности.

До 2021 года в филиалы и организации, входящие в контур управления Концерн ГК Росатом, планируется принять свыше 3000 выпускников с высшим образованием, из них на долю филиалов НИЯУ МИФИ приходится 22% и 9% – НИЯУ МИФИ, а это около трети всех студентов (707 и 286). Учитывая, что Концерн напрямую заинтересован в привлечении лучших студентов и выпускников для работы на АЭС и других организациях Госкорпорации, а также, что лидерами подготовки кадров для Концерн являются такие вузы, как НИЯУ МИФИ с филиалами (в т.ч. Волгодонск) и одним из обязательных условий трудоустройства является успешное прохождение практики на АЭС, Ресурсный центр в г. Волгодонске будет востребованным для подготовки отечественных и иностранных специалистов [5].

На территории г. Волгодонска расположены предприятия четырех дивизионов ГК «Росатом» (Волгодонский филиал АО «НИАЭП», филиал ОАО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск, Волгодонский филиал АО «Атомэнергоремонт», филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская АЭС»), осуществляющие строительство АЭС, изготовление оборудования, его монтаж и эксплуатацию на энергоблоках с реакторными установками типа ВВЭР Ростовской АЭС. Такая уникальная возможность практико-ориентированной подготовки кадров всегда высоко оценивалась отраслью [6] и создавала возможность для интеграции науки, образования и производства [7].

Поэтому к созданию Ресурсного центра по технической эксплуатации и ремонту оборудования АЭС привлекаются данные предприятия с целью – объединения ресурсов и организации НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ; ВИТИ НИЯУ МИФИ и другие образовательные организации, заинтересованные в прохождении практик студентов на базе данного Ресурсного центра.

Такая организация практико-ориентированного подхода в подготовке специалистов для атомной отрасли будет способствовать реализации Государственной программе развития образования на 2013–2020 гг., которая ставит своей целью обеспечение высокого качества российского образования в соответствии с меняющимися запросами населения и перспективными задачами развития экономики на основе повышения гибкости образовательных программ, формирования инновационной инфраструктуры учебных заведений, развития мобильности [8].

Кроме того, такой подход может служить основой для формирования системного подхода к развитию академической мобильности на государственном и институциональном уровнях, создания благоприятных условий для развития международного сотрудничества в области образования и науки, определенных Концепцией академической мобильности в Российской Федерации, которая призвана способствовать достижению основных целей модернизации и повышения конкурентоспособности системы высшего образования России; целей социально-экономического развития Российской Федерации; реализации приоритетов внешней политики России [8].

Организация практико-ориентированного обучения на базе Ресурсного центра предприятий ГК Росатом будет способствовать интеграции отечественной системы образования в международное образовательное пространство, что определено Концепцией долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2020г. и предполагает решение к 2020 году такой ключевой задачи, как формирование инфраструктуры и институциональных условий академической мобильности студентов и преподавателей [9].

Именно этот факт и позволяет считать образовательную деятельность на базе Ресурсного центра предприятий ГК Росатом современным инновационным

образованием, так как присутствует его главная составляющая – подготовка специалистов и научных кадров на уровне мировых квалификационных кадров. А уровень подготовки кадров для атомной отрасли определен в публикациях МАГАТЭ. Одной из уставных целей МАГАТЭ является «стремиться ускорить и расширить вклад атомной энергии для поддержания мира, здоровья и процветания во всем мире», а один из способов достижения этой цели является путем публикации, в том числе и публикации по основным подходам к разработке учебных в области ядерного инженерного образования [10].

В соответствии с международными подходами к ядерному инженерному образованию разработка любой программы национальной ядерной энергетики зависит от успешного развития трудовых ресурсов, посредством устойчивой ядерной программы образования и профессиональной подготовки при поддержке правительства и промышленности. Требования ядерной программы инженерных работ основаны на: высоких стандартах образования и профессиональной подготовки; присущей приверженности сильной культуры безопасности и безопасности; соответствие национальной системы образования.

Признано, что надежный ядерный инженерный курс является суммой многих предметов, составляющих основу учебного плана: физика реактора; ядерный топливный цикл; тепловая гидравлика; материалы; радиохимия; радиационная защита; безопасность и гарантии; динамика, управление и приборостроение; ядерное приборостроение; реактор систем и техники; общение в рабочей группе, основы бизнес экономики, управление проектами. Для ядерного инженерного образования важно, чтобы эти темы были хорошо интегрированы в производство, для конкретной ядерной установки, что необходимо для хорошей подготовки выпускников и для достижения требуемого уровня компетентности, для успешного выполнения его обязанностей, для безопасной, надежной эксплуатации АЭС и других объектов атомной энергетики. Это осуществляется в тесном сотрудничестве с промышленностью и путем использования лучших практик. При этом после завершения уровня квалификации бакалавра, предполагается, что студенты приобрели понимание и знания о ядерных инженерных системах и будут в состоянии решить проблемы и определить технические решения для реальных процессов, определенных в оперативном контексте.

Данный доклад МАГАТЭ представляет лучшие мировые практики, которые реализуют эффективные программы подготовки инженерных кадров, способствуют безопасной, эффективной и экономичной эксплуатации атомных электростанций.

Эти разработки направлены на помощь в разработке программ обучения в атомной отрасли, поощрение сотрудничества между университетами и промышленностью для обеспечения будущих работников в приобретении необходимых навыков; обеспечение того, что атомная отрасль может получить персонал с конкретными навыками, необходимыми для безопасной эксплуатации объектов и развития отрасли.

В Докладе отмечается, что инженерное образование, зависит от региона и страны. Уникальной модели в подготовке кадров для атомной отрасли не существует, и важно прагматично приспосабливаться к системе образования и промышленной базе. Поэтому программы должны быть конкретно ориентированными на то, что используется или будет использоваться на атомных электростанциях. Кроме того, требования к выпускникам должны предусматривать, что каждый студент должен обладать: определенным уровнем знаний (знания), быть в состоянии продемонстрировать применение знаний (демонстрация), и знать, когда следует реализовывать знания (реализация).

Кроме того, в докладе МАГАТЭ по инженерному ядерному образованию в

разделе рекомендаций для аккредитации образовательных программ особо выделяется вопрос «сотрудничество с промышленностью», т.е. с атомной отраслью, которая за счет профессионального характера ядерных программ инженерного образования является крупнейшим работодателем выпускников. Карьерный путь работников атомной отрасли, обычно, делится на две части: университетского образования и подготовки на производстве, но эти две части должны быть согласованы и хорошо сочетаться, поэтому очень важно сотрудничество с конкретными предприятиями отрасли. Образовательные организации должны знать, какие типы помещения и оборудования используются на предприятиях отрасли и в максимально возможной степени приобретать соответствующее или сопоставимое современное оборудование. Но, учитывая стоимость оборудования, применяемого в атомной отрасли, лучше всего организовать сотрудничество с предприятиями по использованию их оборудования и технологий для подготовки квалифицированных кадров, ориентированных на работу в данной отрасли.

Организация подготовки кадров для атомной отрасли в условиях Ресурсного центра предприятий отрасли, который представлен выше и сможет удовлетворять современным международным требованиям инженерного ядерного образования. Предприятия и организации, на базе которых организуется ресурсный центр, создают оптимальные условия для интеграции образования, науки и производства в решении актуальной, в настоящее время, задачи подготовки кадров для атомной отрасли. Что и определяет особенности современной реализации практико-ориентированного подхода подготовки кадров для атомной отрасли, соответствующей стандартам CDIO.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральная целевая программа развития образования на 2011–2015 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://фцпро.рф> – 18.06.2015.
2. Симоньянц, Р.П. Проблемы инженерного образования и их решение с участием промышленности [Электронный ресурс] / Р.П. Симоньянц // Наука и образование. – 2014. – №3. – Режим доступа: URL: <http://technomag.edu.ru/doc/699795.html> — 18.06.2015.
3. Никифоров, В.И. и др. «Всемирная инициатива CDIO» в российском образовании [Текст] / В.И. Никифоров, Л.В. Черненко // Вестник высшей школы. – 2015. – №3. – С. 8–11.
4. Похолков, Ю.П. Практико-ориентированные образовательные технологии в инженерном вузе. Введение [Текст] / Ю.П. Похолков // Инженерное образование. – 2013. – №13. – С. 2–3.
5. Годовой отчет ОАО «Концерн Росэнергоатом» за 2014 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.rosenergoatom.ru/resources> – 18.06.2015.
6. Новый вуз на донской земле. В Волгодонске создана уникальная база обучения и переподготовки атомщиков // Росэнергоатом. – 2010. – №11.
7. Руденко, В.А. и др. Интеграция образования, науки и производства как основа повышения качества подготовки кадров для атомной отрасли [Электронный ресурс] / В.А. Руденко, Н.П. Василенко // Материалы XII Международной конференции «Безопасность АЭС и подготовка кадров 2011». Обнинск, 2011.
8. Концепция развития академической мобильности в Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://intpr.ntf.ru/DswMedia/konceptsiyaakademicheskoymobil-nosti_itog.pdf – 18.06.2015.
9. Концепции долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2020 года // Информационная система ГАРАНТ. – Режим доступа: URL: <http://base.garant.ru/194365/#ixzz3kp0Bmmjl> – 18.06.2015.
10. Ядерное инженерное образование: компетенции на основе подхода к разработке учебных программ. – Австрия: МАГАТЭ, 2014 – Июль.

REFERENCES

- [1] Federalnaya tselevaya programma razvitiya obrazovaniya na 2011–2015 gody [The federal target program of a development of education for 2011–2015]. Available at: <http://фцпро.рф> (in Russian)

- [2] Simonyants R.P. Problemy inzhenernogo obrazovaniya i ikh reshenie s uchastiem promyshlennosti. [Problems of engineering education and their decision with participation of the industry] Nauka i obrazovanie. [Science and Education] 2014, №3, ISSN 1994-0408, Available at: <http://technomag.edu.ru/doc/699795.html> (in Russian)
- [3] Nikiforov V.I., Chernenkaya L.V. «Vsemirnaya initsiativa CDIO» v rossijskom obrazovanii. ["The world initiative of CDIO" in Russian education] Vestnik vysshej shkoly. [Bulletin of the higher school] 2015, №3, ISSN 1026-955X, p. 8–11. (in Russian)
- [4] Pokholkov Yu.P. Praktiko-orientirovannye obrazovatelnye tekhnologii v inzhenernom vuze. Vvedenie. [Practice-oriented educational technologies in engineering higher education institution. Introduction] Inzhenernoe obrazovanie. [Engineering education] 2013, №13, p. 2–3. (in Russian)
- [5] Godovoj otchet OAO «Kontsern Rosehnergoatom» za 2014 god. [The annual report of JSC Rosenergoatom Concern for 2014]. Available at: <http://www.rosenergoatom.ru/resources> (in Russian)
- [6] Novyj vuz na donskoj zemle. V Volgodonske sozdana unikalnaya baza obucheniya i perepodgotovki atomshhikov. [New higher education institution on the Don region. In Volgodonsk the unique base of training and retraining of nuclear scientists is created] Rosehnergoatom. [Rosenergoatom] 2010, №11. (in Russian)
- [7] Rudenko V.A., Vasilenko N.P. Integratsiya obrazovaniya, nauki i proizvodstva kak osnova povysheniya kachestva podgotovki kadrov dlya atomnoj otrasli. [Integration of education, science and production as basis of improvement of quality of training for nuclear branch] Materialy XII Mezhdunarodnoj konferentsii «Bezopasnost' AEHS i podgotovka kadrov 2011». [Materials XII of the International conference "Safety of the NPP and Training 2011"] Obninsk [Obninsk], 2011. (in Russian)
- [8] Kontseptsiya razvitiya akademicheskoy mobil'nosti v Rossijskoj Federatsii. [The concept of development of the academic mobility in the Russian Federation] Rosehnergoatom. [Rosenergoatom] Available at: http://intpr.ntf.ru/DswMedia/koncepciyaakademicheskoymobilnosti_itog.pdf (in Russian)
- [9] Kontseptsii dolgosrochnogo sotsial'no-ehkonomicheskogo razvitiya RF na period do 2020 goda. [Concepts of long-term social and economic development of the Russian Federation for the period till 2020] Informatsionnaya sistema GARANT. [Information system GUARANTOR] Available at: <http://base.garant.ru/194365/#ixzz3kp0Bmmjl> (in Russian)
- [10] Yadernoe inzhenernoe obrazovanie: kompetentsii na osnove podkhoda k razrabotke uchebnykh programm. [Nuclear engineering education: competences on the basis of approach to development of training programs] Avstriya [Austria]: MAGATEH [IAEA]. 2014, Iyul [June]. (in Russian)

Modern Realization Features of Practice-Oriented Training Approach for Nuclear Branch in the Conditions of the Enterprise Resource Centers

V.A. Roudenko, N.P. Vasilenko

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

Abstract – In work modern approaches to the organization of the student practice-oriented training on the basis of the VETI NRNU “MEPhI” Resource center for training of Russian and foreign students to operating, to technical maintenance, repairing and engineering of the Russian and foreign NPPs are considered.

Keywords: the practice-oriented approach, training, the resource center, the academic mobility.

Поздравляем юбиляра!



В 2015 году доктору технических наук, профессору Доронину Юрию Викторовичу исполняется 70 лет.

Ю.В. Доронин – видный ученый, автор многочисленных научных работ и изобретений. Имя его отдельной строкой стоит в технологии сварочного производства. Под руководством Ю.В. Доронина был разработан широкий спектр сварочных материалов для односторонней дуговой сварки. Его монография «Односторонняя сварка в строительстве» была издана тиражом 35 тыс. экз.

Юрий Викторович прошел многогранный жизненный путь – от инженера-механика до генерального директора крупной компании. Родился в 1945 году в г. Новосибирске. В 1964 году поступил в Ростовский-на-Дону завод-ВТУЗ. В том же году был призван на службу в ряды Советской Армии. По окончании службы продолжил обучение и в 1972 году успешно защитил диплом по специальности «Оборудование и технология сварочного производства». Затем последовали годы работы на заводах КАМАЗ и ВАЗ.

С 1973 года начинается непосредственно научная его биография: Ю.В. Доронин становится старшим научным сотрудником Ростовского научно-исследовательского института технологии машиностроения. В 1975 г. поступает в аспирантуру МВТУ им. Н.Э. Баумана и в 1979 г. защищает кандидатскую диссертацию.

После успешной защиты диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук – годы работы во ВНИИ по монтажным и специальным строительным работам в должностях младшего, старшего научного сотрудника, затем заведующего сектором, а еще немногим позже уже в должности заведующего лабораторией. Именно в это время Ю.В. Доронин разрабатывает новые сварочные материалы для односторонней дуговой сварки и издает монографию в соавторстве с М.В. Ханпетовым.

С 1995 г. Юрий Викторович занимает должность генерального директора акционерной компании «Синтвита». С 2001 г. трудится на посту генерального директора ООО «ЭКМО».

Свою преподавательскую деятельность Ю.В. Доронин начинает в 2006 г. в МГИУ (Московский государственный индустриальный университет) в должности доцента и профессора. В 2010 г. защищает докторскую диссертацию на тему «Разработка теоретических основ формирования обратной стороны шва с учетом физико-химических процессов в сварочной ванне и создание новых сварочных материалов для односторонней дуговой сварки сталей плавящимся электродом». Материалы для односторонней дуговой сварки, созданные под руководством Ю.В. Доронина, запатентованы в США и ФРГ.

В настоящее время Юрий Викторович работает руководителем центра по аттестации специалистов в ООО «Аттестационный центр городского хозяйства» в г. Москве, читает курс лекций в ВИТИ НИЯУМИФИ в г. Волгодонске.

Ю.В. Доронин – не только ученый-теоретик, практик. Это добрейшей души человек, спортсмен. Некогда игравший в составе футбольного клуба «СКА (Ростов)», он и сейчас, в свои 70 лет, продолжает заниматься спортом, участвует в марафонах и находится в прекрасной физической форме.

Редколлегия научно-практического журнала «Глобальная ядерная безопасность» поздравляет Юрия Викторовича со знаменательной датой, желает крепкого здоровья, неиссякаемой энергии, долгих лет жизни и дальнейших успехов в плодотворной научно-технической деятельности!

AUTHOR INDEX OF VOL. 2, 2015

Abidova E.A.	56	Marchenko A.V.	45
Chomjakov A.P.	49	Matevosjan Ju.M.	91
Czigany Gu.	35	Medvedev V.N.	71
Dolgoplov V.Yu.	106	Nagibina I.A.	91
Domrina G.V.	84	Postoy L.V.	24
Doronin Yu.V.	35	Roudenko V.A.	111
Dunaev V.A.	63	Russkikh I.M.	49
Elokhin A.P.	7	Rybachuk A.M.	35
Fedorenko D.N.	84	Salnikov A.A.	71
Gavrilenko D.S.	56	Seleznev E.N.	49
Golovko M.V.	100	Shscklein S.E.	49
Gorbunov V.A.	63	Starodubtcev I.A.	7
Kiselev Aleksandr S.	71	Strizhov V.F.	71
Kiselev Aleksej S.	71	Tashlykov O.L.	49
Kolchenko O.L.	91	Tjumeney I.P.	91
Kolokolov E.I.	45	Tkachev V.G.	24
Kravchenko P.D.	30	Ulyanov A.N.	71
Kuznetsov P.S.	35	Vasilenko N.P.	111
Lonshakov N.A.	63		
Malik O.V.	56		

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ НОМЕРА

Абидова Е.А.	56	Матевосян Ю.М.	91
Василенко Н.П.	111	Медведев В.Н.	71
Гавриленко Д.С.	56	Нагибина И.А.	91
Головко М.В.	100	Постой Л.В.	24
Горбунов В.А.	63	Руденко В.А.	111
Долгополов В.Ю.	106	Русских И.М.	49
Домрина Г.В.	91	Рыбачук А.М.	35
Доронин Ю.В.	35	Сальников А.А.	71
Дунаев В.А.	63	Селезнев Е.Н.	49
Елохин А.П.	7	Стародубцев И.А.	7
Киселев Александр С.	71	Стрижов В.Ф.	71
Киселев Алексей С.	71	Ташлыков О.Л.	49
Колоколов Е.И.	45	Ткачев В.Г.	24
Кольченко О.Л.	91	Тюменев И.П.	91
Кравченко П.Д.	30	Ульянов А.Н.	71
Кузнецов П.С.	35	Федоренко Д.Н.	84
Лоншаков Н.А.	63	Хомяков А.П.	49
Малик О.В.	56	Цзэжэнь Гу	35
Марченко А.В.	45	Щеклеин С.Е.	49

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 (it is no more than 20 sources) and drawings (no more than 7).

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 – 1,5 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.

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 ekspluatacii 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 izlucheniem [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 (не больше 20 источников) и рисунки (не более 7).

5) Статья должна быть набрана в соответствии с правилами компьютерного набора. В одном файле помещается только одна статья (в случае подачи двух статей и более). Сведения из пункта 3 являются частью статьи и должны быть также представлены в электронном виде.

Статья должна быть оформлена в формате Microsoft Office 97-2003 Word 7.0, через 1,5 интервала, шрифтом Times New Roman размером 14 пт. Поля со всех сторон – 2,5 см. Использование любых других шрифтов возможно только в виде исключения, если они внесены в код файла. Не следует использовать знаки принудительного переноса и дополнительных пробелов. Векторные величины выделяются полужирным шрифтом.

Для записи формул применять только редактор формул Equation 3.0. Большие формулы необходимо разбить на несколько строк, причем каждая новая строка – новый объект. Запрещается масштабировать формулы. При наборе формул необходимо придерживаться следующих размеров: текст – 11 пт, крупный индекс – 8 пт, мелкий индекс – 6 пт, крупный символ – 12 пт, мелкий символ – 10 пт. Формулы не должны включать в состав знаки пунктуации и нумерацию.

Статья должна содержать лишь самые необходимые формулы, от промежуточных выкладок желательно отказаться. Нумеруются только те формулы, на которые имеются ссылки. Нумерация формул должна быть сквозная по всей статье. Таблицы должны иметь заголовки и нумерацию, в них допускаются только общепринятые сокращения.

Желательно, чтобы таблицы не превышали одной страницы текста. Количество таблиц не должно превышать количество страниц.

Рисунки и схемы должны быть черно-белыми, размером 800x600, с подписями. Графики должны быть оформлены в формате Microsoft Office 97-2003 Word 7.0 и только отдельным файлом (каждый график на новом листе, либо в новом файле).

Единицы измерения следует давать в соответствии с Международной системой (СИ).

6) Литература приводится в порядке упоминания в конце статьи. В тексте

должны быть ссылки в квадратных скобках только на опубликованные материалы. Ссылки на иностранные источники даются на языке оригинала и сопровождаются, в случае перевода на русский язык, с указанием на перевод.

Рекомендуется проверка статей через программу Антиплагиат на сайте <http://www.antiplagiat.ru>

Библиография должна быть оформлена согласно ГОСТу 7.1-2003 «Библиографическая запись и библиографическое описание. Общие требования и правила составления». **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.

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

№ 2(15) 2015

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

Сдано в набор 23.06.2015 г.

Компьютерная верстка Вишнева М.М.

Корректор Вишнёва М.М. ИПО ВИТИ НИЯУ МИФИ

Подписано к печати 25.06.2015 г.

Бумага «SvetoCory» 80 г/м². Объем 13,64 усл.печ.л.

Гарнитура «TimesNewRoman»,

Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии ВИТИ(ф) НИЯУ МИФИ