

ISSN 2305-414X

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

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

GLOBAL NUCLEAR SAFETY

The scientific and practical journal
Number 4(17), 2015



Научно-практический журнал
№4(17) 2015

ГЛОБАЛЬНАЯ ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Moscow

Москва

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

GLOBAL NUCLEAR SAFETY

№ 4(17) 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, reg. № FS77-47155, November, 3 2011

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

Editor-in- Chief:

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

Editorial Staff:

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

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

Denis 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*)),

Buhach Andzhej (Doctor of Technical sciences, Professor, Deputy director for scientific work,
Institute of Engineering Processes Automation and Integrated Manufacturing Systems of Silesian
University of Technology (*Poland*)),

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

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

S.E. Gook (PhD (Technical Science), Fraunhofer Institute for Production Systems and Design
Technology IPK (*Germany*)),

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

№ 4(17) 2015

Основан в ноябре 2011 г.

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» – 10647

Выходит 4 раза в год, ISSN 2305-414X

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-47155 от 3.11.2011 г.

Журнал включен в перечень ВАК РФ

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

Главный редактор:

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

Редакционная коллегия:

М.Н. Стриханов (главный редактор, д-р физ.-мат. наук, проф. (Россия)),

В.А. Руденко (заместитель главного редактора, д-р соц. наук, проф. (Россия)),

Денис Флори (заместитель генерального директора МАГАТЭ (Австрия)),

Лю Дамин (проф. Китайского института ядерной энергетики (Китай)),

Нэнси Фрагояннис (старший советник Комиссии по ядерному регулированию США (США)),

Бухач Анджей (д-р техн. наук, проф., зам. директора по научной работе Института автоматизации технологических процессов и интегрированных производственных систем Силезского технологического университета (Польша)),

М.К. Скаков (д-р физ.-мат. наук, проф. (Казахстан)),

А.Д. Маляренко (д-р техн. наук, проф., Белорусский национальный технический университет (Беларусь)),

С.Э. Гоок (к-т техн. наук, Институт производственных систем и технологий конструирования ИПК, Общество Фраунгофера (Германия)),

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. Пимишин (д-р техн. наук, проф. (Россия)),

Ю.П. Муха (д-р техн. наук, проф. (Россия)),

В.В. Кривин (д-р техн. наук, проф. (Россия)),

В.И. Ратушный (д-р физ.-мат. наук, проф. (Россия)),

Ю.С. Сысоев (д-р техн. наук, проф. (Россия)),

А.В. Паламарчук (к-т техн. наук (Россия)),

В.Е. Шукинунов (д-р техн. наук, проф. (Россия)),

В.П. Поваров (к-т физ.-мат. наук (Россия)),

С.М. Бурдаков (к-т техн. наук, доц. (Россия)),

И.А. Бубликова (к-т техн. наук, доц. (Россия)),

А.В. Жук (к-т ист. наук, доц. (Россия))

Учредитель:

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

CONTENTS

Number 4, 2015

THE PROBLEMS OF NUCLEAR, RADIATION AND ECOLOGICAL SAFETY

The Analysis of the Rostov NPP Influence on ⁶⁰ CO Contents Dynamics in Upper Soil Stratum of Its Territory <i>I.A. Bublikova</i>	7
Use of Automated Systems for Environmental Monitoring in the Area Surrounding Ferrous, Nonferrous Metallurgical Enterprises and Nuclear Industry <i>I.A. Starodubtcev, A.P. Elokhin</i>	15

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

Argumentation of Heat-exchange Mathematical Model for Reactor with Concentrated Parameters <i>V.K. Semenov, M.A. Volman</i>	35
Modelling Of Designing and Manufacturing Technique Processes of the NPP Heat Transfer Equipment <i>V.G. Beketov, A.N. Shkurindin, I.N. Shkurindin</i>	43
Creep Material Research in Operating Conditions of Special Structures <i>D.S. Goriushkin, Y.S. Zhev, A.V. Staheev</i>	52
Developing Telecommunications Networks Structure Synthesis <i>Y.P. Mukha, I.Y. Koroleva, P.V. Povarov</i>	63
The Cluster Analysis of Electrode Node Motion Track in Computer Simulator <i>V.A. Tolstov, V.V. Krivin, I.O. Ishigov, N.A. Kravtsova</i>	71
The Electric Field in the Work-piece in Arc Welding Normally Elliptical Source <i>Jieren Gu, A.M. Rybachuk</i>	77

NUCLEAR FACILITIES EXPLOITATION

Thermomechanical Loading Monitoring of Heat Carrier Collector Welding Joint to Steam Generators PGV-1000 Du1200 Branch Pipe <i>A.K. Adamenkov, I.N. Veselova, I.V. Malakhov</i>	84
About Cover Nuclear Hydrogenation of Aluminum Heat Allocating Elements of Research Reactor RR-100 <i>P.A. Ponomarenko, M.A. Frolova</i>	90

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

Personnel Skill Level Influence of Construction Organizations on Nuclear Power Constructions Safety <i>V.S. Opekunov, V.A. Denisov, V.S. Sokolov, A.V. Stambulko, N.N. Chupeykina</i>	97
Corporate Values in the Industrial Enterprises Sustainable Development and Safety Economy (on the Rosatom State Corporation Example) <i>M.V. Golovko, V.A. Rudenko</i>	103
Competitiveness and Dynamic Abilities of Russian National Research Universities <i>G.D. Belyaeva, G.A. Fedorenko, A.B. Makarets, A.G. Sirotkina</i>	11
Safety Culture Deontological Aspect in Professional Activity of Nuclear Industry Personnel <i>N.P. Vasilenko</i>	129

Author Index of vol. 4, 2015.....	133
-----------------------------------	-----

СОДЕРЖАНИЕ

Номер 4, 2015

ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

- Анализ влияния Ростовской АЭС на динамику содержания ^{60}Co в поверхностном слое почвы территории размещения
И.А. Бубликова 7
- К вопросу об использовании автоматизированных систем контроля экологической обстановки на территориях, прилегающих к предприятиям черной, цветной металлургической и атомной промышленности
И.А. Стародубцев, А.П. Елохин 15

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

- Обоснование математической модели теплообмена для реактора с сосредоточенными параметрами
В.К. Семенов, М.А. Вольман 35
- Моделирование процессов при конструировании и разработке технологии изготовления теплообменного оборудования для АЭС
В.Г. Бекетов, А.Н. Шкуриндин, И.Н. Шкуриндин 43
- Исследование ползучести материалов в условиях работы специальных конструкций
Д.С. Горюшкин, Ю.С. Зувев, А.В. Стахеев 52
- Синтез структуры развивающихся телекоммуникационных сетей
Ю.П. Муха, И.Ю. Королева, П.В. Поваров 63
- Кластерный анализ траектории движения торца электрода в компьютерном тренажере
В.А. Толстов, В.В. Кривин, И.О. Ишигов, Н.А. Кравцова 71
- Электрическое поле в изделии при дуговой сварке нормально-эллиптическим источником
Ц. Гу, А.М. Рыбачук 77

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

- Обеспечение контроля термомеханической нагруженности узла приварки коллектора теплоносителя к патрубку Ду1200 парогенераторов ПГВ-1000
А.К. Адаменков, И.Н. Веселова, И.В. Малахов 84

О ядерном гидрировании оболочек тепловыделяющих элементов из алюминия исследовательского реактора ИР-100 <i>П.А. Пономаренко, М.А. Фролова</i>	90
--	----

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

Влияние уровня квалификации персонала строительно-монтажных организаций на безопасность сооружений ОИАЭ <i>В.С. Опекунов, В.А. Денисов, В.С. Соколов, А.В. Стамбулко, Н.Н. Чупейкина</i>	97
Корпоративные ценности в системе устойчивого развития и безопасности экономики промышленных предприятий (на примере ГК «Росатом») <i>М.В. Головкин, В.А. Руденко</i>	103
Конкурентоспособность и динамические способности российских национальных исследовательских университетов <i>Г.Д. Беляева, Г.А. Федоренко, А.Б. Макарец, А.Г. Сироткина</i>	115
Деонтологический аспект культуры безопасности в профессиональной деятельности работников атомной отрасли <i>Н.П. Василенко</i>	129
Авторский указатель номера 4, 2015.....	133

ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 621.039

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РОСТОВСКОЙ АЭС НА ДИНАМИКУ СОДЕРЖАНИЯ ^{60}Co В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ПОЧВЫ ТЕРРИТОРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ

© 2015 И.А. Бубликова

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

Потенциальное повышение радиационного фона, связанное с эксплуатацией Ростовской АЭС, вызывает большую обеспокоенность жителей региона размещения АЭС, в основном представленного сельскохозяйственными угодьями. Одним из техногенных радионуклидов, который потенциально может нарушить экологическое благополучие населения, является ^{60}Co .

Цель работы: исследовать влияние Ростовской АЭС на динамику ^{60}Co в поверхностном слое почвы зоны наблюдения, что влияет на уровень радиационной безопасности населения территории её размещения.

Для осуществления цели, необходимо решить ряд задач:

- проанализировать динамику содержания ^{60}Co в выбросах Ростовской АЭС;
- исследовать взаимосвязь содержания рассматриваемого радионуклида в поверхностном слое почвы территории размещения станции и его выбросов Ростовской АЭС;
- выполнить анализ динамики содержания ^{60}Co в поверхностном слое почвы.

Для исследования были использованы отчеты о радиационной обстановке в районе расположения РоАЭС за период с 2002 г. по 2013 г., предоставленные отделом радиационной безопасности атомной станции. Для анализа данных использовались инструменты математической статистики и регрессионного анализа *MS Excel*.

Основные выводы:

- 1) За период с 2002 г. по 2013 г. годовой выброс ^{60}Co РоАЭС не превысил 1% от допустимых значений, а максимальное значение выброса рассматриваемого радионуклида за месяц составило менее 5 % от соответствующего контрольного уровня.
 - 2) Не подтверждено предположение, что имеется связь между газоаэрозольными выбросами РоАЭС и содержанием ^{60}Co в поверхностном слое почвы зоны наблюдения РоАЭС.
 - 3) Определено, что содержание ^{60}Co в поверхностном слое почвы пробных площадок на территории размещения РоАЭС за период с 2006 г. по 2013 г. экспоненциально снижалось, при этом для 4 из 7 пробных площадок снижение активности рассматриваемого радионуклида хорошо согласуется с законом радиоактивного распада.
- В целом, кобальт-60, поступающий с выбросами Ростовской АЭС в атмосферу, не накапливается в поверхностном слое почвы зоны наблюдения и, следовательно, не влияет на радиационную безопасность, как объектов природной среды, так и населения, проживающего на территории размещения атомной станции.

Ключевые слова: Ростовская АЭС, ^{60}Co ; поверхностный слой почвы, зона наблюдения, регрессионный анализ.

Поступила в редакцию 15.12.2015 г.

Ростовская атомная электростанция (РоАЭС) эксплуатируется с 2001 года. Потенциальное повышение радиационного фона вызывают большую обеспокоенность жителей региона размещения АЭС, в основном представленного сельскохозяйственными угодьями. При этом значительную долю рациона населения

составляют продукты местного производства, содержание радионуклидов в которых зависит от их присутствия в почве.

В период работы ядерного реактора образуется большое количество радионуклидов – инертные радиационные газы, а также продукты коррозии и деления, часть из которых поступает в окружающую среду с газоаэрозольными выбросами атомной станции. Одним из таких радионуклидов является ^{60}Co с периодом полураспада 5,27 лет.

Стабильный кобальт относится к биогенным элементам. Это предопределяет усвоение радиоактивных изотопов кобальта биотой при доступности их в среде. Поэтому содержание в окружающей среде ^{60}Co , поступающего от АЭС с газоаэрозольными выбросами, потенциально может в значительной степени влиять на дозовые нагрузки населения рассматриваемой территории за счет внешнего и внутреннего облучения, что и определяет актуальность выполненной работы.

В связи с этим, была поставлена цель по исследованию влияния Ростовской АЭС на динамику ^{60}Co в поверхностном слое почвы зоны наблюдения, что определяет уровень экологического благополучия населения территории её размещения.

Для осуществления цели, необходимо выполнить ряд задач:

- проанализировать динамику содержания ^{60}Co в выбросах Ростовской АЭС;
- исследовать взаимосвязь содержания рассматриваемого радионуклида в поверхностном слое почвы территории размещения станции и его выбросов Ростовской АЭС;
- выполнить анализ динамики содержания ^{60}Co в поверхностном слое почвы.

Для исследования динамики радиационных воздействий атомной станции на окружающую среду были использованы отчеты о радиационной обстановке в районе расположения РоАЭС за период с 2002 г. по 2013 г., предоставленные отделом радиационной безопасности атомной станции [1]. Для анализа данных использовались инструменты математической статистики и регрессионного анализа *MS Excel*.

Анализ динамики ^{60}Co в газоаэрозольных выбросах РоАЭС показал, что за рассматриваемое время годовая активность выбросов рассматриваемого радионуклида в среднем составила 12,64 МБк/год с максимальным значением 60,9 МБк/год при установленном допустимом выбросе 7,4 ГБк/год [2]. При этом попытка нанести на один график (рисунок 1) как значение допустимого выброса рассматриваемого радионуклида, так и динамику его годовых выбросов привела к тому, что значения второго параметра выглядят как нули. Поэтому на рисунке 2 годовые выбросы ^{60}Co выражены в процентах от допустимых значений. Видно, что рассматриваемый параметр за весь анализируемый период не превысил 1%. Наблюдается явное снижение выбросов ^{60}Co в атмосферу с 2004 г. по 2013 г. При этом пуск второго энергоблока в 2010 г. не сопровождался увеличением выбросов в атмосферу рассматриваемого радионуклида по сравнению с предыдущими годами работы первого блока.

Для контроля газоаэрозольных выбросов независимо от числа действующих энергоблоков на промплощадке АЭС в СП АС-03 устанавливаются контрольные уровни (КУ) выбросов за сутки и за месяц. КУ ^{60}Co за месяц установлен на уровне 620 МБк [2].

Анализируя выбросы данного радионуклида в течение каждого года периода с 2002 по 2013 гг., было определено, что основной выброс кобальта-60 в окружающую среду приходится на период планово-предупредительных работ (ППР) и капитальных предупредительных работ. Остальное время каждого года выброс радионуклида находился ниже минимально-детектируемой активности. При этом не каждый период ППР сопровождался ростом выбросов, что связано с составом проводимых ремонтных работ. Проанализировав значения выбросов за месяц за время всех ППР

рассматриваемого периода, пришли к выводу, что в течение каждого из них контрольный уровень выброса ^{60}Co превышен не был, при этом максимальное значение выброса за месяц в 2003 г. составило менее 5 % установленного СПАС-03 [2] контрольного уровня.

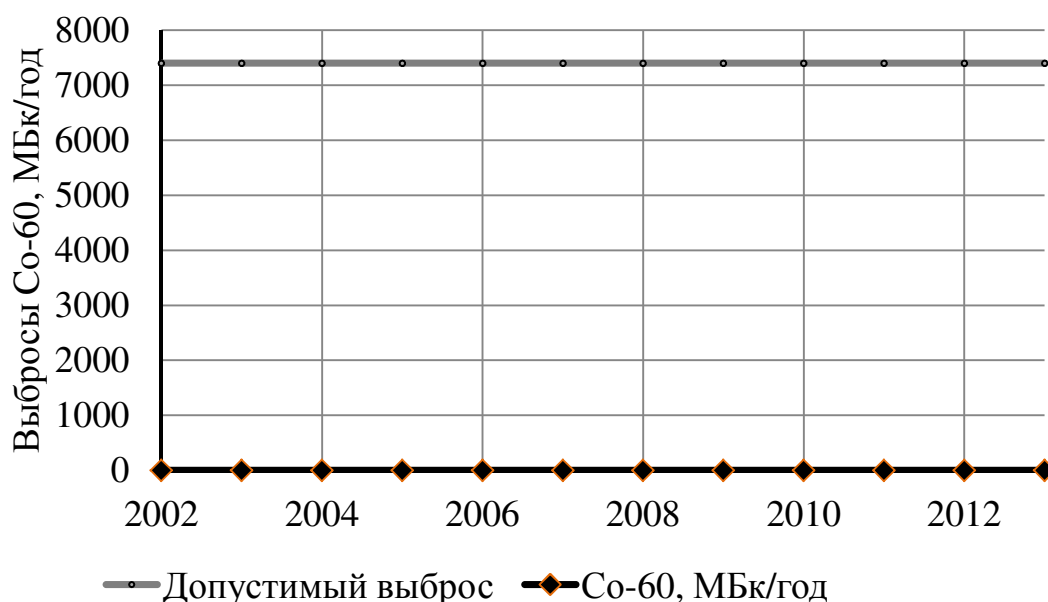


Рис. 1. – Динамика годовых выбросов ^{60}Co Ростовской АЭС в сравнении с величиной допустимого выброса

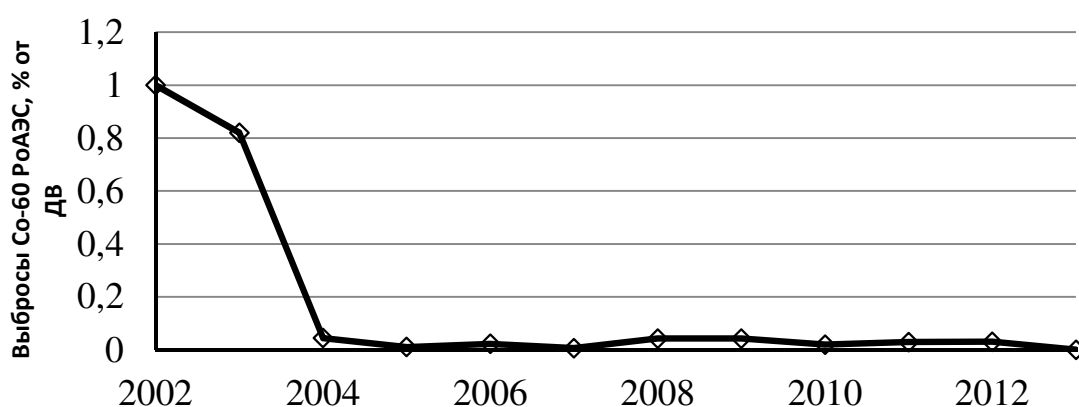


Рис. 2. – Годовые выбросы ^{60}Co Ростовской АЭС в процентах от допустимого выброса

Таким образом, Ростовской АЭС выбросами ^{60}Co в целом за год и за каждый месяц в отдельности в рассматриваемый период не был превышен не только уровень допустимого выброса за год, но и контрольные уровни за месяц соответственно.

Однако атомная станция, являясь источником с небольшими, но постоянными воздействиями на окружающую среду, потенциально может вызвать накопление радионуклида в почве, участвующей в массообменных процессах с атмосферой.

Для анализа влияния РоАЭС на присутствие рассматриваемого радионуклида в поверхностном слое почвы были использованы данные, полученные отделом по радиационной безопасности АЭС за период с 2006 по 2013 гг.

Чтобы наиболее полно получить представление о распределении ^{60}Co по зоне наблюдения РоАЭС, были выбраны 8 пробных площадок (ПП) по-разному

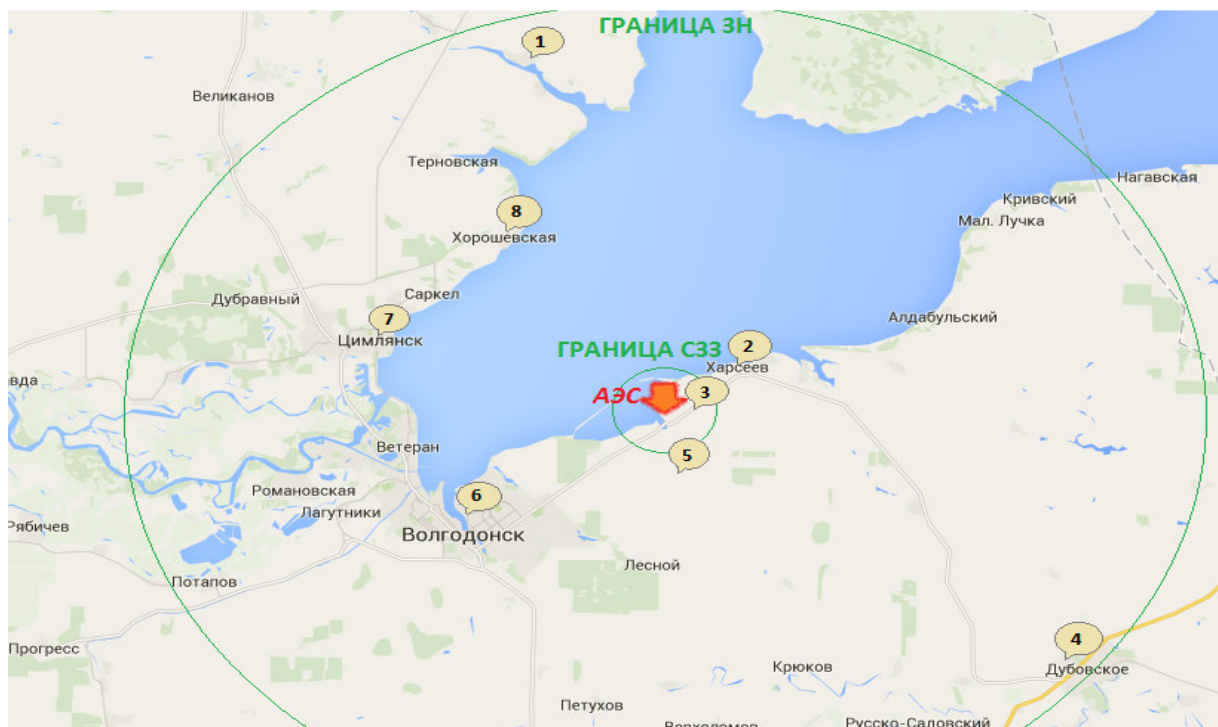
ориентированных по сторонам света от АЭС (рисунок 3).

С целью определения влияния РоАЭС на присутствие радионуклида в почве был проведен регрессионный анализ в *MS Excel* зависимости удельной активности ^{60}Co в поверхностном слое почвы ПП от газоаэрозольного выброса радионуклида за предыдущий год по всем пробным площадкам.

Полученные результаты даже с учетом низких значений коэффициентов детерминации свидетельствуют об отсутствии влияния поступления рассматриваемого радионуклида с газоаэрозольными выбросами РоАЭС в атмосферу в течение года на динамику его последующего содержания в поверхностном слое почвы рассматриваемых пробных площадок. Таким образом, выявить вклад Ростовской АЭС в загрязнение почвы ^{60}Co не представляется возможным.

Для определения возможного накопления содержания кобальта-60 в поверхностном слое почвы, была рассмотрена динамика удельной активности радионуклида с анализом полученных уравнений трендов.

На рисунках 4, 5 представлена динамика содержания ^{60}Co в поверхностном слое почвы шести пробных площадок территории размещения РоАЭС. Разбиение данных осуществлялось следующим образом: на рисунке 5 представлены ПП по направлениям северо-восток (х. Харсеев), восток (кювета №8), юго-восток (с. Дубовское); на рисунке 6 - юг (ст. Подгоренская), юго-запад (ст. Старосоленовская) и промплощадка РоАЭС.



Место пробной площадки	№ на схеме	Место пробной площадки	№ на схеме
ст. Калининская	1	ст. Подгоренская	5
х. Харсеев	2	ст. Старосоленовская	6
кювета №8	3	г. Цимлянск	7
с. Дубовское	4	ст. Хорошевская	8

Рис. 3. – Расположение пробных площадок в зоне наблюдения РоАЭС

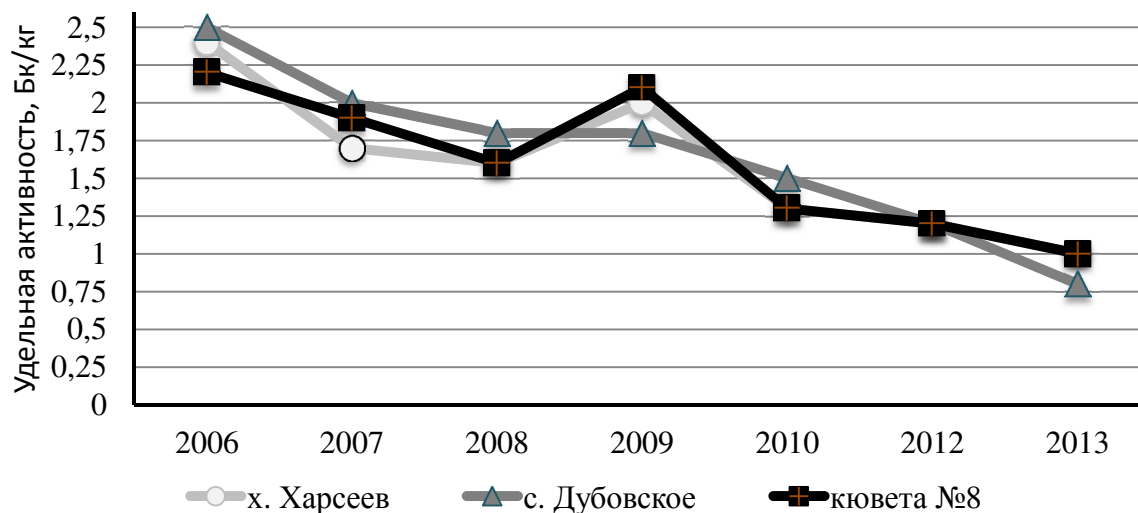


Рис. 4. – Динамика удельной активности ^{60}Co в поверхностном слое почвы

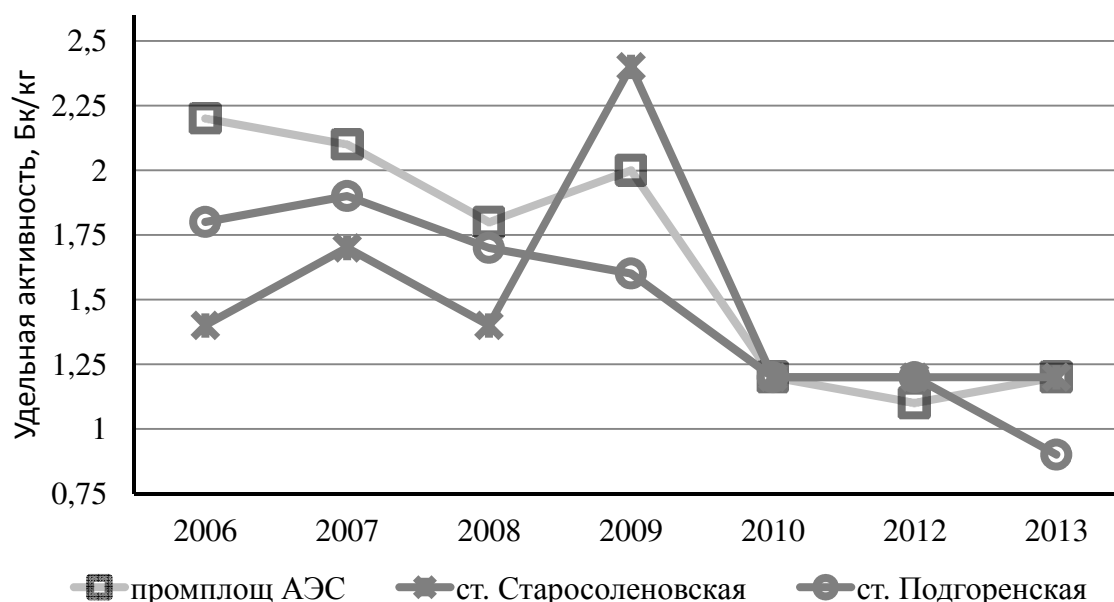


Рис. 5. – Динамика удельной активности ^{60}Co в поверхностном слое почвы

Были получены уравнения трендов и коэффициенты детерминации для каждой пробной площадки, представленные в таблице. Аппроксимация тренда была выполнена экспоненциальной зависимостью.

Полученные уравнения трендов содержания ^{60}Co в поверхностном слое почв для девяти пробных площадок за период с 2006 г. по 2013 г. отражают отсутствие накопления данного радионуклида в почве, поскольку рассматриваемый показатель во всех случаях экспоненциально снижается. При этом для шести ПП коэффициенты детерминации аппроксимирующих зависимостей имеют значения выше 0,75, что характеризует их высокую информационную значимость. Только для ст. Старосоленовской (восточный микрорайон г. Волгодонска) из-за большого разброса данных полученное уравнение тренда информационно не значимо.

Таблица 1. – Моделирование удельной активности ^{60}Co в поверхностном слое почвы

Месторасположение ПП	Уравнение тренда	Коэффициент детерминации
Промплощадка АЭС	$y=2,6373e^{-0,126x}$	0,811
ст. Жуковская	$y=2,6588e^{-0,150x}$	0,763
х. Харсеев	$y=2,5471e^{-0,126x}$	0,804
Кювета №8	$y=2,5596e^{-0,125x}$	0,798
с. Дубовское	$y=3,0352e^{-0,165x}$	0,907
ст. Подгоренская	$y=2,3020e^{-0,120x}$	0,885
ст. Старосоленовская	$y=1,7555e^{-0,047x}$	0,158

Известно, что закон радиоактивного распада отражает экспоненциальное снижение числа атомов исходного нуклида. Для ^{60}Co постоянная распада равна 0,131. При сравнении этого параметра и коэффициентов перед x в математических моделях таблицы, видно, что для четырех пробных площадок значения близки. В этих уравнениях тренда коэффициент перед x может быть интерпретирован как постоянная распада. И можно предположить, что динамика снижения активности ^{60}Co в поверхностном слое почвы этих пробных площадок определяется его распадом. На остальных ПП на динамику ^{60}Co более значимо накладываются процессы вертикальной и горизонтальной миграции радионуклида.

К сожалению, имеющиеся в распоряжении автора данные не позволили выявить источник и время поступления ^{60}Co в почву, и при проведении исследований радиационной обстановки территории размещения Ростовской АЭС до её пуска этот радионуклид не анализировался [3]. Но, с учетом полученных выше закономерностей, можно предположить, что присутствие ^{60}Co в почвах региона размещения РоАЭС обусловлено малоинтенсивным глобальным загрязнением биосферы техногенными радионуклидами.

ВЫВОДЫ

1) За период с 2002 г. по 2013 г. годовой выброс ^{60}Co РоАЭС не превысил 1% от допустимых значений, а максимальное значение выброса рассматриваемого радионуклида за месяц составило менее 5 % от соответствующего контрольного уровня.

2) Не подтверждено предположение, что имеется связь между газоаэрозольными выбросами РоАЭС и содержанием ^{60}Co в поверхностном слое почвы зоны наблюдения РоАЭС.

3) Определено, что содержание ^{60}Co в поверхностном слое почвы пробных площадок на территории размещения РоАЭС за период с 2006 г. по 2013 г. экспоненциально снижалось, при этом для четырех из семи пробных площадок снижение активности рассматриваемого радионуклида хорошо согласуется с законом радиоактивного распада.

В целом, кобальт-60, поступающий с выбросами Ростовской АЭС в атмосферу, не накапливается в поверхностном слое почвы зоны наблюдения и, следовательно, не влияет на радиационную безопасность, как объектов природной среды, так и населения, проживающего на территории размещения атомной станции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отчет «О радиационной обстановке в районе расположения Ростовской АЭС» за 2002–2013 гг. Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская Атомная Станция» [Текст]. – Волгодонск, 2013.
2. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПин 2.6.1.24-03 «Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03)» [Текст]. – [Б.м.], [Б.г.]. – 37 с.
3. Отчёт «Радиационная обстановка в окружающей среде региона Ростовской АЭС в предпусковой период» («Нулевой фон»), Волгодонск – Ростов-на-Дону, 2000 [Текст]. – [Б.м.], [Б.г.]. – 129 с.

REFERENCES

- [1] Otchet «O radiacionnoj obstanovke v rajone raspolozheniya Rostovskoj AES za 2002–2013 gg» [The report "About a radiation situation in the Rostov NPP area" during 2002-2013.]. Volgodonsk. Pub. Filial ОАО «Koncern Rosenergoatom» «Rostovskaya Atomnaya Stanciya» ["Rostov Nuclear Power plant" branch of JSC Rosenergoatom Concern], 2013. (in Russian)
- [2] Sanitarно-epidemiologicheskie pravila i normativy SanPin 2.6.1.24-03 "Sanitarnye pravila proektirovaniya i ekspluatatsii atomnyx stancij (SP AS-03)" [Sanitary and epidemiologic rules and standards SanRaN 2.6.1.24-03 "Health regulations of nuclear power plants design and operation (SR AS-03)"]. Bez mesta, bez goda [Without place, without date]. 37 p. (in Russian)
- [3] Otchyot «Radiacionnaya obstanovka v okruzhayushhej srede regiona Rostovskoj AES v predpuskovoj period» («Nulevoj fon») [The report "A radiation situation in environment of the Rostov NPP region during the prestarting period" ("A zero ground")]. Volgodonsk – Rostov-na-Donu [Volgodonsk – Rostov-on-Don], 2000. 129 p. (in Russian)

The Analysis of the Rostov NPP Influence on ^{60}CO Contents Dynamics in Upper Soil Stratum of Its Territory

I.A. Bublikova

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

Abstract – BACKGROUND The potential increase of a radiation background connected with Rostov NPP operation cause big concern of inhabitants of the NPP region which is generally presented by agricultural grounds. One of technogenic radionuclides which can potentially break ecological wellbeing of the population, is ^{60}CO .

OBJECTIVES We investigated the influence of the Rostov NPP on ^{60}CO contents dynamics in upper soil stratum of its territory that influences on population safety radiation level of the territory of its placement.

It is necessary to solve the following problems:

- to analyse ^{60}CO Contents Dynamics in the Rostov NPP emissions;
- to investigate interrelation of the considered radionuclide content in upper soil stratum of Rostov NPP territory and its emissions;
- to make the analysis of ^{60}CO contents dynamics in upper soil stratum.

METHODS The Rostov NPP radiation situation reports 2002 - 2013 provided by NPP radiation safety department were used for research. MS Excel data tools of mathematical statistics and regression analysis were used for the analysis.

CONCLUSIONS:

- 1) The Rostov NPP annual ^{60}CO emission didn't exceed 1% of admissible values, and the maximum value of considered radionuclide emission in a month made less than 5% of the appropriate reference level during 2002 – 2013.
- 2) The assumption that there is a relation between the Rostov NPP gas-aerosol emissions and the ^{60}CO contents in upper soil stratum of Rostov NPP territory isn't confirmed.

3) It is defined that the ^{60}Co contents in upper soil stratum of the Rostov NPP trial platforms during 2006 - 2013 decreased exponentially. Thus for 4 of 7 trial platforms decrease of considered radionuclide activity are coordinated well according to the radioactive decay law.

RESULTS In general, the cobalt-60 entering with the Rostov NPP emissions in the atmosphere doesn't collect in supervision zone upper soil stratum. Therefore, it doesn't influence on radiation safety both environmental objects and the population living in the NPP territory.

Keywords: Rostov NPP, ^{60}Co ; upper soil stratum, supervision zone, regression analysis.

**ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

УДК 502.3:504: [66+669]

**К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА
ТЕРРИТОРИЯХ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К ПРЕДПРИЯТИЯМ
ЧЕРНОЙ, ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ
И АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

© 2015 И.А. Стародубцев, А.П. Елохин

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва

Рассматриваются вопросы модернизации АСКРО, для оценки экологической обстановки в регионах, в которых располагаются предприятия черной и цветной металлургической промышленности, характеризующиеся значительными выбросами и сбросами веществ, загрязняющих окружающую среду. Приводится характеристика выбросов указанных предприятий, а так же ущерба, которые они наносят для среды обитания человека, растительного и животного мира. С целью осуществления экологического контроля окружающей среды в рамках санитарно-защитной зоны (СЗЗ) соответствующих предприятий предлагается внедрение автоматизированных систем контроля экологической обстановки (АСКЭО). Представлены основные требования к системе, принципы ее работы, верхняя и нижняя оценки размеров СЗЗ. Приведен принцип оценки оптимального количества датчиков контроля системы.

Ключевые слова: экология, загрязнение окружающей среды, выбросы отходов производств, металлургия черных и цветных металлов, материальные и финансовые затраты, автоматизированная система контроля экологической обстановки окружающей среды, АЭС.

Поступила в редакцию 15.12.2015 г.

Пристальное внимание, которое уделяет государство и общественность вопросам развития атомной промышленности, строительству и эксплуатации АЭС, играет глубоко положительную роль в целях создания благоприятной экологической обстановки в регионе расположения указанных производств. К наиболее важным системам, обеспечивающим радиационную безопасность АЭС, относятся автоматизированная система радиационного контроля (АСРК), отвечающая за автоматизированный радиационный контроль работы АЭС, и автоматизированная система радиационного контроля окружающей среды (АСКРО), позволяющая минимизировать последствия в случае возникновения радиационных аварий на станции или других объектах использования атомной энергии. Значительная наработка материала, описывающего приборно-техническое оборудование, являющееся составной частью системы и определяющее работу АСКРО, принципы и методы работы автоматизированной системы в целом, позволяют расширить область применения аналогичных систем на предприятия и регионы РФ, где экологическая обстановка оставляет желать лучшего. Цель настоящей работы состоит во внедрении автоматизированных систем контроля окружающей среды на предприятиях черной и цветной металлургической промышленности.

Предприятия черной и цветной металлургии при производстве металлов зачастую вынуждены использовать руду с весьма низким содержанием полезных компонентов, что требует для ее обогащения и дальнейшей выплавки металла значительных объемов

руды. Это, в свою очередь, приводит к огромным объемам пустой породы, образующей, так называемые, терриконы, не только формирующие ландшафт подобных производств, но и выводящие землю, на которой располагаются последние, из хозяйственного оборота. Кроме того, шлак, образующийся при выплавке значительных объемов руды, выделяет большое количество выходящих газов [1], соединение которых с дождевой влагой образует кислотные дожди, пагубно влияющие на экологию окружающей среды. Выбросы из вентиляционных труб приводят к загрязнениям почв, уничтожению растительности и образованию техногенных пустошей вокруг крупных заводов. К тому же, экологические проблемы отечественной металлургии обостряются из-за высокого износа (свыше 60%) оборудования и устаревших технологий. По данным Минпромэнерго, до 70% всех мощностей в отечественной металлургической промышленности являются изношенными, устаревшими и убыточными. Предприятия черной металлургии выбрасывают в воздух оксид углерода около 1,5 млн. тонн в год, а производители цветных металлов – диоксид серы, 2,5 млн. тонн ежегодно. Всего металлургические предприятия выбрасывают в атмосферу 5,5 млн. тонн загрязняющих веществ. Крупные металлургические центры – Кемерово, Липецк, Магнитогорск и Новокузнецк – включены в список городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха. Аэрогенная нагрузка загрязняющих веществ в городах Орске и Новотроицке составила 0,71 т/жителя и 1,9 т/м², 0,83 т/жителя и 1,7 т/м² соответственно [2]. Указанные производства представляют угрозу не только окружающей среде, но и экономике регионов, поскольку помимо капиталовложений, необходимых на развитие технологий для ликвидации последствий выбросов и загрязнения окружающей среды, требуются и мероприятия по поддержанию благополучного уровня здоровья населения, проживающего в этом регионе. Все это требует финансовых средств в бюджет регионов.

Чтобы конкретизировать указанные проблемы, рассмотрим ситуацию в г. Карабаш Челябинской области на Южном Урале в Российской Федерации. Этот город является одним из крупнейших медеплавильных центров России и, к сожалению, причиной тяжелейшей экологической обстановки в регионе [3]. Наряду с черновой медью, серной кислотой и гранулированным шлаком – основными составляющими производства ЗАО «КАРАБАШМЕДЬ» занимается производством драгоценных металлов (из шлама – отходов производства, содержащих драгоценные металлы), являющихся побочной продукцией. На 2015 год население города составляет 11 593 человека [4].

Город, как индустриальный центр, начинает свою историю с 1822 года, будучи шахтерским рудником. Тогда же были открыты залежи медной руды, после чего начинается серия строительства медеплавильных заводов России. Вплоть до конца 1980-х годов экологическая обстановка города только ухудшается, из-за несовершенства технологий производства меди. Работа заводов все же останавливается в 1989 году, однако, это приводит к глубочайшему кризису в социальной и экономической области города. За десять лет население снизилось с 47 тысяч (1989 г.) до 14 тысяч. В 1998 году предприятия перекупаются и запускаются вновь.

Приказом Минприроды от 25 июня 1996 года № 299 город Карабаш и прилегающие территории были охарактеризованы как зона экологического бедствия [5]. Отмечалось, что ежегодный объем выбросов в атмосферу ядовитого сернистого ангидрида заводом составлял более 118 тыс. тонн (около 7 тонн на одного жителя города) [6].

При производстве меди из медной руды образуется большое количество вредных веществ в отходящих газах, содержащих производные свинца, серы, мышьяка и,

собственно, меди. Вся эта газоаэрозольная примесь выбрасывалась за период работы завода практически беспрепятственно, а выбросы не очищались. За 95 лет карабашские металлурги произвели более двух миллионов 400 тысяч тонн черновой меди, выбросив при этом в атмосферу более 14 миллионов тонн загрязняющих веществ, поскольку предприятие работало без системы тонкой очистки отходящих газов [7].

На сегодняшний день экологическая обстановка города остается катастрофической [8]. Сложившаяся ситуация создает не только угрозу жизни и здоровью людей региона, но и, так называемую, "экономическую дыру" в масштабе всей страны – финансовые вливания для ликвидации или смягчения последствий производства, загрязняющего окружающую среду, никак не устраняют причину их появления.

Леса вокруг медеплавильного комбината вымерли. Окружающие завод горы совершенно облысели. Осень в окрестностях медеплавильного комбината наступает уже в июне – из-за выбросов в Карабаше различные виды растительности, в частности деревья, желтеют и сбрасывают листья. При движении ветреных воздушных потоков в сторону города и выпадения осадков погибает урожай в огородах. Это происходит из-за воздействия кислотных дождей, образующихся при растворении сернистого газа в дождевой воде [9].

Последнее и чуть ли не единственное серьезное исследование экологии и здоровья проводилось в Карабаше в 1996 году. Тогда специалисты Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ пришли к выводу, что в волосах и крови местных детей до 6 раз превышено содержание свинца и кадмия. В городе в два раза выше уровень детской смертности, больше мертворожденных и недоношенных детей. Очень высокая заболеваемость стрептодермией, дерматитом, заболеваниями ЛОР-органов и пищеварения, тиреотоксикоз встречается чаще в 37 раз, а сахарный диабет – примерно в 3 раза. Высочайший уровень генетических и приобретенных заболеваний: раковые опухоли, экзема, камни в почках, дефекты внутриутробного развития, слабоумие, церебральный паралич [10]. Объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу указаны в таблице 1.

Таблица 1. – Объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу за весь период работы медеплавильного производства, расположенного на территории Карабашского городского округа Челябинской области (по состоянию на 01.01.2005 года) [9]

Период, год	Пыль неорганическая $\text{SiO}_2 < 20\%$	Диоксид серы	Оксид меди	Свинец и его соединения	Мышьяк	Оксид цинка	Прочие	ВСЕГО выбросов	Объем черновой меди	Выбросы на тонну черновой меди
1907-1918	14 699	353 823	1 574	3 360	2 520	6 037	-	382 013	52 496	7,277
1925-1969	299 603	7 211 872,4	32 100,3	68 480,6	51 360,5	123 051,2	-	7 786 468	1 070 010,75	7,277
1970-1973	19 310	433 000	2 350	3 580	2 960	7 600	-	468 800	65 548,2	7,152
1971-1974	71 985,2	1 732 787,9	7 712,7	16 453,7	12 340,3	29 565,2	-	1 870 845	257 090,2	7,277
1975-1978	55 580	1 100	5 760	14 490	9 150	23 050	-	1 208 540	208 350,06	5,8
1979-1984	88 208,3	1 014 106,3	8 704,6	16 829,2	11 026	24 953,6	-	1 163 828	290 159,2	4,011
1985-1997	69 335	757 269	6 666	7 991	6 236	14 740	3062	865 299	221 639,4 ч. м 35 972,4 м.с. 36 575 м.ш.	
1998-2004	58 284	481 933	984,5	416	459,3	6 561	45887,2	594 525	247 688,7	2,4

Описанные явления – результат формирования на территории города и за его пределами зоны повышенного загрязнения почв тяжелыми металлами. Вблизи Карабашского медеплавильного комбината содержание свинца в почвах достигало 30-220 ПДК (предельно допустимой концентрации), меди – 10 ПДК и более. В почвах

санитарно-защитной зоны комбината концентрации цинка составляют до 22 ПДК, свинца – до 84 ПДК, меди – до 108 ПДК [11].

Состав отходов на металлургических предприятиях известен. Они включают бракованную продукцию, обрезки металла после проката. Значительную долю отходов составляют выбросы в атмосферу. Краткая характеристика побочных продуктов и выбросов в основных подотраслях черной металлургии представлена в таблице 2.

С целью улучшения экологической обстановки на предприятии и в регионе новое руководство предприятия решило для производства черновой меди использовать щадящие технологии типа «Isasmelt/Ausmelt», позволяющие уменьшить антропогенную нагрузку на окружающую среду.

Процесс «Isasmelt/Ausmelt», на основе которого в настоящее время осуществляется работа предприятия – двухстадийный способ получения меди, из сульфидных концентратов, состоящий из плавки сырья и последующего восстановления шлака. Способ разработан фирмами Mount Isa Mines, Ltd. и CSIRO (Австралия) [13]. Схема технологического процесса переработки меди представлена на рисунке 1.

К преимуществам процесса, по мнению ее изобретателей, Isasmelt/Ausmelt можно отнести быстрый пуск и остановку плавки, отсутствие выбросов отходящих газов в атмосферу цеха, высокую производительность.

Таблица 2. – Краткая характеристика побочных продуктов и выбросов в основных подотраслях черной металлургии [12]

Выделения, выбросы в атмосферу	Характер сточных вод, загрязняющих водоемы	Применяемые методы защиты	Утилизация отходов и выбросов
1	2	3	4
Производство кокса			
Отходящие газы содержат SO ₂ , CO, H ₂ S, цианиды, аммиак, фенол, углеводороды (в том числе особо вредный бензопирен), а также пыль (до 0,4 кг/т кокса). При тушении кокса в атмосферу вместе с парами воды выбрасываются аммиак, сероводород, оксиды серы, фенолы и др.	Около 1/3 сточных вод - надсмольные воды, содержащие фенолы до 3 г/л. Кроме того, сточные воды содержат смолы, масла, цианиды, аммиак и его соли, сульфиды, сульфиты, бензол, толуол, ксилол, нитраты и др.	Оборудование углеподготовки и коксосортировки оснащается аспирационными системами. Удаляемые газы перед выбросами в атмосферу подвергаются двухступенчатой очистке (вначале сухой, затем мокрой). Коксовый газ очищается от смолы, масляных туманов и пыли в электрофильтрах. Извлечение из газа ароматических углеводородов, аммиака H ₂ S, сернистых соединений и др. осуществляется промывкой в скрубберах поглощающими растворами. Сточные воды сначала подвергают осветлению (отстаиванию), затем физико-химическим и биохимическим методам очистки.	Из 1 т каменноугольной шихты получают 760-800 кг кокса, 320-330 м ³ коксового газа, а также такие продукты, как бензол, аммиак, смола, пек, нафталин. Коксовый газ используют в качестве топлива. Из других продуктов получают препараты: аспирин, нашатырный спирт, красители, карболку, каменноугольный лак, шпалопропиточное масло, материалы для парфюмерной промышленности и др.
Производство агломерата			
Просос воздуха для спекания составляет 2500-3000 м ³ на 1 т агломерата. В процессе спекания воздух насыщается соединениями серы, углерод и др. Образующийся газ увлекает большое количество пыли, состоящей из оксидов железа. На 1 т агломерата образуется до 7 кг пылевых выбросов.	Хлориды, сульфиды, кальций, железо - и др. Содержание взвешенных частиц 12-20 г/л. а Грубодисперсность шламов определяет достаточно высокие скорости выпадения - взвешенных веществ.	Циклоны, скрубберы, электрофильтры. Целесообразно применение сухих электрофильтров с высокой степенью очистки. Для очистки сточных вод применяются процессы отстаивания, для ускорения которых используют различные флокулянты.	Отсасываются горячие газы, тепло которых используют для предварительного подогрева шихты и воздуха. Подача на ленту подогретого воздуха повышает температуру верхней части слоя и прочность агломерата. Железосодержащие шламы, извлекаемые из сточных вод, утилизируются.

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Доменное производство			
При работе на дутье без обогащения его кислородом на 1 т чугуна образуется около 2000 м ³ доменного (колошникового) газа. Его состав: 25-32% CO, 10-18% CO ₂ , 1-2% H ₂ , остальное - азот. При обогащении дутья кислородом содержание CO и H ₂ в доменном газе возрастает.	Пыль (частицы руды, агломерата, кокса, известняка), сульфаты, хлориды и т. п. Сточные воды образуются также на разливочной машине, при грануляции доменного шлака (около 2 м ³ /т чугуна) и др.	Доменный газ подвергают последовательно грубой, полутонкой и тонкой очистке. На современных доменных печах обеспечивается практически полная герметизация, исключающая выбросы в атмосферу.	В доменных печах на 1 т чугуна образуется от 0,3 до 0,6 т шлака состава (в среднем), %: Al ₂ O ₃ - 6-22, SiO ₂ - 38-42, CaO - 38-48, MgO - 2-12. Основную часть жидкого шлака подвергают грануляции (быстрым охлаждением водой или воздухом) с получением гранул, используемых для производства цемента и известково вяжущих веществ. Часть шлака используют для получения балласта в дорожном строительстве, получения шлаковой пемзы или термозита, шлаковой ваты. Колошниковый (доменный) газ используют как топливо.
Сталеплавильное производство			
Количество и состав отходящих газов определяются рядом факторов: 1) наличием или отсутствием топлива, состав которого определяет состав отходящих газов; 2) использованием кислорода (по мере замены воздуха кислородом в отходящих газах уменьшается содержание азота); 3) подсосом воздуха через неплотности и щели; 4) спецификой процесса (например, в случае продувки металла аргоном в отходящих газах будет аргон); 5) степенью дожигания CO до CO ₂ . Отходящие газы содержат CO, CO ₂ , H ₂ O и N ₂ . Пылевые выбросы состоят из оксидов железа. Помимо пылегазовых выбросов в процессах производства стали образуются шлаки (в зависимости от технологии в количестве 10-20 % от массы металла). Состав шлаков меняется в широких пределах в зависимости от технологии.	Размеры частиц пыли в сточных водах от 0,01 до 0,1 мм при концентрации (в зависимости от условий работы) от 3 до 20 г/л. В электро-сталеплавильных цехах значительная масса частиц пыли в сточных водах имеет размеры 10 мкм; взвесь такой пыли трудно осаждается.	Все сталеплавильные цехи оснащены системами газоочистки, а также комплексом оборудования для очистки сточных вод.	Образующиеся в процессах сталеварения шлаки перерабатываются: а) на изготовление щебня (примерно 50 % от всей массы шлаков); б) в качестве флюсов; в) для удобрения или известкования почв. Железосодержащие шламы (и пыли) после пылеочистных установок используются как добавки в агломерационную шихту. Теплота выделяющихся газов используется для нагрева воздуха (в мартеновских печах) и для получения пара.

Вместе с тем, следует отметить, что "Карабашмедь" сегодня единственное металлургическое предприятие в России, оснащенное передовой технологией "Ausmelt". Несмотря на заявления изобретателей технологии, побочные продукты производства, такие как шлак, все так же выбрасываются в вырытые ямы. Ввод в эксплуатацию новой медеплавильной печи позволил увеличить производительность предприятия до 90 тыс. тонн черновой меди в год, при этом объем отходящих газов уменьшился в шесть раз. Но и этих показателей недостаточно для того, чтобы улучшить экологическую ситуацию в регионе [14, 15]. Более того, даже новейшее оборудование не предотвращает выбросы, а напротив, как показала экспертная

комиссия, работает с превышением норм выбросов. Эти нормы прописаны в Федеральных законах «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 года № 7-ФЗ, а так же № 96-ФЗ от 04 мая 1999 года «Об охране атмосферного воздуха». За их систематические нарушения ЗАО «КАРАБАШМЕДЬ» в марте 2015 года, согласно решению суда, была оштрафована [16].

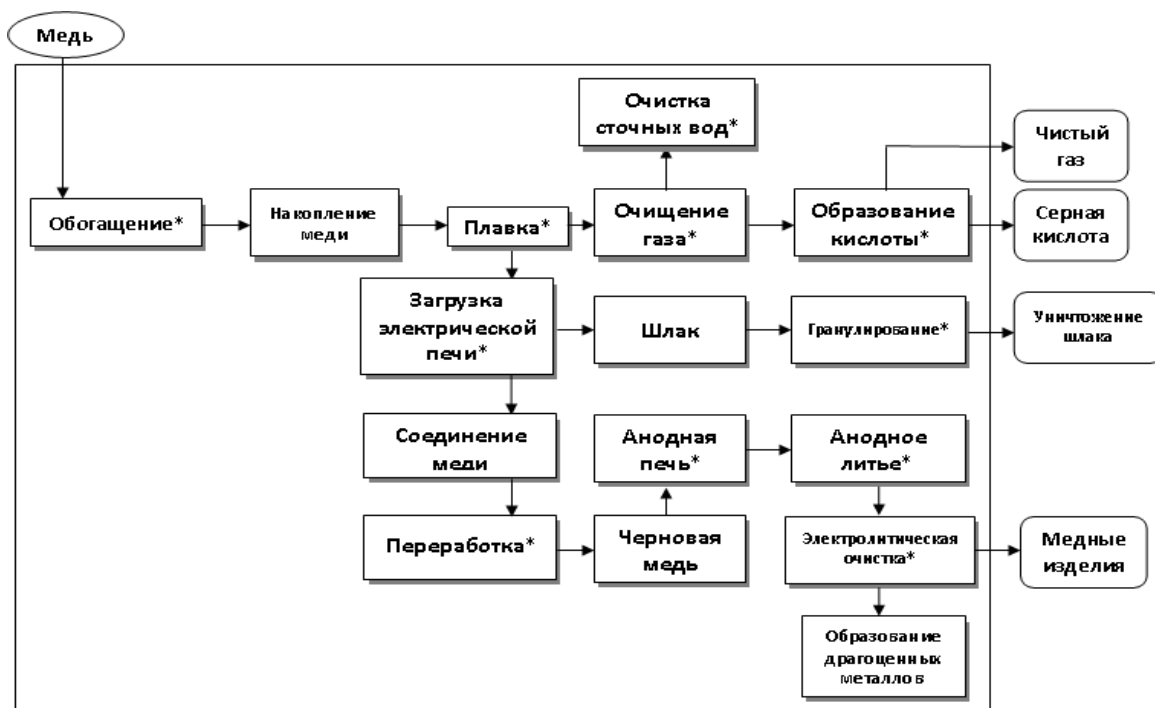


Рис. 1. – Схема технологического процесса переработки меди по технологии Ausmelt;

* - выполняется по патенту фирмы «Outotec»

Ничего принципиально нового в технологии получения меди, утилизации побочных продуктов производства за последние двадцать лет не вводилось.

В 2010 году правительством Челябинской области принято постановление «Об областной целевой Программе природоохранных мероприятий оздоровления экологической обстановки в Челябинской области на 2011–2015 годы» (Постановление от 15 декабря 2010 года № 318-П) [17]. В качестве желаемого результата программы указывалось:

- обеспечение эффективного управления охраной окружающей среды;
- снижение загрязнения окружающей среды выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух и твердыми бытовыми отходами;
- оптимизация сети и обеспечение режима особо охраняемых природных территорий регионального значения (далее именуется – ООПТ);
- обеспечение органов государственной власти, органов местного самоуправления и населения информацией о состоянии окружающей среды на территории Челябинской области.

В документе приведен перечень предприятий, согласно официальной статистике, которые производили выбросы вредных веществ в атмосферу свыше установленных норм.

Основными проблемами обращения с твердыми бытовыми отходами на территории Челябинской области указываются как:

- неэффективное управление органов местного самоуправления Челябинской области обращением с твердыми бытовыми отходами (ТБО);
- отсутствие в жилищно-коммунальном комплексе Челябинской области объектов утилизации (захоронения) и переработки ТБО, отвечающих экологическим и санитарно-эпидемиологическим требованиям;
- совместное обращение медицинских отходов и основной массы ТБО;
- низкий уровень санитарной и экологической культуры населения.

Для выполнения всех заявленных целей, планировалось потратить 8,9 млн. рублей из различных источников. Однако, как следует из отчета о выполнении этой программы за 2012 год [18], финансирование программы составило 531,34 млн. рублей. Очевидно, что затраты на реализацию программы оказались значительно выше, чем предполагалось изначально. Возможно, это являлось одной из причин закрытия программы в 2013 году. Таким образом, можно смело утверждать, что конечная цель программы так и не была достигнута.

В итогах реализации программы отмечено снижение загрязнения природной среды Челябинской области за счет уменьшения сверхнормативных выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников на 5,48 тыс. тонн. При этом же отмечается повышение уровня загрязняющих веществ в воздухе по сравнению с прошлым годом, от 10% и выше. В основном, мероприятия ограничились информационным сбором о состоянии окружающей среды, вынесением предупреждений, работающим в области предприятиям. Не приведены в отчете результаты мероприятий по повышению экологической и санитарной культуры населения. Можно предположить, что такие мероприятия не проводились. Никаких радикальных мер по изменению технологической базы предприятий для снижения выбросов не отмечено.

Изменить в лучшую сторону ситуацию с точки зрения влияния предприятий на экологию прилегающей территории могла бы разработка и внедрение автоматизированной системы контроля экологической обстановки (АСКЭО). Это система, оснащенная совокупностью датчиков, расчетных программ и исполнительных механизмов, которая в режиме реального времени должна контролировать экологическую обстановку в районе предприятия, осуществлять необходимые расчеты и представлять результаты на табло оператора и населению в доступной форме. Подобные системы в виде автоматизированных систем контроля радиационной обстановки (АСКРО) внедрены и успешно работают на АЭС [19, 20].

Основными задачами систем автоматизированного контроля экологической обстановки являются:

- раннее обнаружение повышенного или аварийного выброса токсичной газоаэрозольной примеси, прогнозирование его распространения и загрязнения окружающей среды (подстилающей поверхности и воздушного бассейна), закисление водных акваторий;
- измерение значений концентрации отравляющих и токсичных веществ на местности, оценка токсикологических и химических нагрузок на персонал и население;
- выдача рекомендаций органам управления предприятия, МЧС и др. для принятия решений о защите населения и минимизации последствий.

Система должна функционировать в режиме реального времени, что достигается за счет автоматизации сбора данных по токсикологическим, химическим и метеорологическим параметрам, на основе которых осуществляются прогностические расчеты с использованием математической модели распространения газоаэрозольной примеси в атмосфере.

АСКЭО должны располагаться на промплощадке и в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) промышленных объектов, производств и сооружений, являющихся источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека, по ее периметру.

В зависимости от мощности, условий эксплуатации, характера и количества выделяемых в окружающую среду загрязняющих веществ, создаваемого шума, вибрации и других вредных физических факторов, а также с учетом предусматриваемых мер по уменьшению неблагоприятного влияния их на среду обитания и здоровье человека в соответствии с санитарной классификацией промышленных объектов и производств радиус СЗЗ в настоящий момент устанавливается на расстояния от 50 до 1000 м от возможного источника загрязнения [21]. Это создает дополнительные трудности в проектировании АСКЭО, поэтому предлагается рассмотреть вариант стандартизации условий создания СЗЗ;

Основу АСКЭО, подобно АСКРО, должны составлять [19, 20]:

- система постов контроля газоаэрозольной примеси, распространяющейся в воздушном бассейне вокруг предприятия, предназначенных для измерения ее состава (например, диоксид серы SO_2 , диоксид азота NO_2 , оксид азота NO) и концентрации; системы метеодатчиков (для измерения таких параметров, как например, скорость ветра, температура воздуха, ее влажность), размещаемых на метеомачте на различных уровнях;

- программное обеспечение нижнего уровня, служащее для обработки первичной информации, поступающей с указанных датчиков;

- программное обеспечение верхнего уровня, представляющее собой набор специальных математических программ, предназначенных для прогностических расчетов переноса газоаэрозольной примеси в атмосфере, и оценки уровней загрязнения подстилающей поверхности, токсикологической и химической нагрузок на персонал и население в условиях промышленных аварий, связанных с рассматриваемым производством;

- специальное программное обеспечение принятия решений, позволяющих минимизировать последствия загрязнения окружающей среды.

Выбор математической модели осуществляют исходя из следующих критериев [19, 20]:

- 1) Модель должна давать надежный расчет параметров газоаэрозольной примеси в районе размещения объекта на расстоянии от источника до 50 км в пограничном слое атмосферы в диапазоне 1,5–2,5 км и учитывать различные метеорологические условия (состояния устойчивости атмосферы).

- 2) В модели должны быть исключены субъективные факторы оценки метеорологического состояния атмосферы, например, низкая облачность, высокая облачность, т.е. модель должна давать прогностические оценки переноса примеси в атмосфере, основываясь только на данных метеодатчиков.

- 3) Измерение метеопараметров должно осуществляться простыми и надежными способами и содержать оптимальное количество датчиков, расположенных равномерно по всему периметру СЗЗ предприятия.

- 4) Вычислительные процедуры, реализующие выбранную модель должны осуществляться в режиме реального времени.

Особые требования предъявляются так же и к расположению метеомачты (см. рис 2) и ее расположению на местности. В работах [19, 20, 22, 23] представлены расчеты для определения зависимости высоты метеомачты, в которых показано, что оптимальная высота метеомачты, для определения характеристик метеопараметров атмосферы, с уровнем определения их измерения 0, 10, 20, 30 и 40 метров, составляет 40 метров [22].



Рис. 2. – Определение оптимального расположения метеомачты:

h – высота самого высотного здания; L – расстояние от самого высотного здания до метеомачты

Особые требования предъявляют к размещению метеомачты. Если принять за h – высоту самого высотного здания, а L – расстояние от этого здания до метеомачты, то ее расположение относительно здания должно отвечать неравенству $L \geq 10h$, которое отвечает условию стабилизации воздушного потока, возмущенного этим высотным зданием.

К системе в целом и к математическим моделям в частности предъявляют определенные требования, которые формулируются в рамках концепции, определяющей принципы построения системы.

К размещению постов контроля в СЗЗ предъявляют экономические, экологические и демографические требования.

Экономические требования сводятся к ограничению числа постов (датчиков), что обусловлено высокой стоимостью линий связи, оборудования (датчиков, приемопередающих информацию устройств, систем персональных ЭВМ), зарплатой обслуживающего персонала, затратами на социальные нужды и т.д.

Экологические требования сводятся к обеспечению высокой степени информативности об уровнях загрязнения окружающей среды при любом направлении выброса, чего можно достигнуть увеличением числа постов контроля на промышленной площадке и в СЗЗ [19].

Демографические – определяются критерием численности населения: пост контроля совместно с информационным табло общего пользования, на котором обычно выводится информация текущего времени, давления, температуры воздуха, его влажности и загрязненности. Его целесообразно устанавливать в населенном пункте с числом жителей не менее N чел., где значение N будет определяться как экономикой населенного пункта, так и стремлением жителей к получению информации об уровнях экологического загрязнения окружающей среды.

После выброса газоаэрозольная примесь рассеивается в воздухе и оседает на подстилающую поверхность. Плотность ее распределения зависит от дисперсного состава примеси, скорости ветра, шероховатости подстилающей поверхности, от объектов, расположенных на местности, от ее топографии.

Для оценки уровней загрязнения окружающей среды, как указывалось выше, используют математическое обеспечение верхнего уровня, представляющего собой пакет программ, осуществляющих расчет переноса примеси в атмосфере, ее седиментацию и, таким образом, загрязнение подстилающей поверхности. С точки зрения переноса примеси в атмосфере нет особого различия между радиоактивной и инертной примесью определенного дисперсного состава, за исключением специфической особенности радионуклидов – их распада во времени (особенно короткоживущих), в том числе и во время их переноса в атмосфере. С другой стороны взаимодействие сернистого газа с каплями дождя приводит к образованию слабой

серной кислоты с такими характеристиками, как, например, гравитационная скорость выпадения. Эти характеристики уже отличны от первоначального газа. Поэтому при решении задач переноса примеси в атмосфере и оценки загрязнения подстилающей поверхности можно использовать аналогичные уравнения, что и для радиоактивной примеси с учетом указанных их особенностей [19, 20, 23]. В качестве примера приведем решение стационарного уравнения турбулентной диффузии для приземного слоя атмосферы, которое можно использовать для указанных оценок [19, 20, 23].

Рассмотрим в качестве субстанции объемную концентрацию газоаэрозольной примеси, загрязняющей окружающую среду, $q(x, y, z)$ (кг/м³). Ее метеопараметры: $u(z)$ – продольная скорость воздушного потока (поперечную скорость полагаем равной нулю), $k(z)$ – коэффициент турбулентной диффузии и $b(z)$ – энергия турбулентных пульсаций. Эти параметры, определяемые в рамках модели приземного слоя атмосферы [24]. Перенос последней в атмосфере рассчитывают, используя уравнение турбулентной диффузии, полагая при этом, что размывание примеси по оси Y осуществляется по закону Гаусса, и, определяя, таким образом, объемную концентрацию примеси выражением:

$$q(x, y, z) = \frac{S(x, z)}{\sqrt{2\pi}\sigma_y(x)} \exp(-y^2/2\sigma_y^2), \quad (1)$$

где $\sigma_y(x)$ – среднеквадратичное отклонение;

функция $S(x, z)$ определяется выражением:

$$S(x, z) = \int_{-\infty}^{+\infty} q(x, y, z) dy = 2 \int_0^{+\infty} q(x, y, z) dy. \quad (2)$$

Таким образом, для объемной концентрации газоаэрозольной примеси получают уравнение:

$$u \frac{\partial S}{\partial x} - w \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left[k(z) \frac{\partial S}{\partial z} \right] - \sigma S + \varphi, \quad (3)$$

где $\varphi(x, z) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x, y, z) dy = M\delta(x)\delta(z - h_{эф})$;

$f = M\delta(x)\delta(y)\delta(z - h_{эф})$ – источник газоаэрозольной примеси, загрязняющий окружающую среду;

M – мощность выброса (кг/с);

$h_{эф}$ – эффективная высота выброса;

σ – постоянная релаксации газоаэрозольной загрязняющей примеси, представляющая собой постоянную вымывания примеси из атмосферы σ_0 (с⁻¹), так что $\sigma = \sigma_0$;

w – гравитационная скорость оседания примеси.

В рамках рассматриваемой модели переноса величину $\sigma_y^2(x)$ представляют в виде:

$$\sigma_y^2(x) = \bar{b}x^2/\bar{u}^2(1 + ax\bar{b}/\bar{k}\bar{u}),$$

где $\bar{b}, \bar{k}, \bar{u}$ – усредненные по приземному слою высотой $H_{пр}$ с весом $S(x, z)$ значения энергии турбулентных пульсаций $b(z)$, коэффициента турбулентной диффузии $k(z)$ и скорости ветра $u(z)$, $a = 0,015$.

$$\bar{b} = \frac{\int_0^{H_{np}} b(z) \left(\int_0^{\infty} S(x, z) dx \right) dz}{\int_0^{H_{np}} \left(\int_0^{\infty} S(x, z) dx \right) dz}; \quad \bar{k} = \frac{\int_0^{H_{np}} k(z) \left(\int_0^{\infty} S(x, z) dx \right) dz}{\int_0^{H_{np}} \left(\int_0^{\infty} S(x, z) dx \right) dz};$$

$$\bar{u} = \frac{\int_0^{H_{np}} u(z) \left(\int_0^{\infty} S(x, z) dx \right) dz}{\int_0^{H_{np}} \left(\int_0^{\infty} S(x, z) dx \right) dz}.$$

Граничные условия определяются выражениями:

$$S(x, z)|_{x=0} = 0; \quad (4)$$

$$S(x, z)|_{x \rightarrow \infty} = 0; \quad (5)$$

$$S(x, z)|_{z \rightarrow \infty} = 0; \quad (6)$$

$$k \frac{\partial S}{\partial z} \Big|_{z=z_0} = (\beta - w) S \Big|_{z=z_0}, \quad (7)$$

где β – скорость сухого осаждения газоаэрозольной примеси на подстилающую поверхность;

z_0 – параметр шероховатости подстилающей поверхности.

Аналитическое решение задачи (3) – (7) дается выражением (8), а непосредственно объемная концентрация газоаэрозольной примеси вычисляется по формуле (1), в которой $S(x, z)$ определяется выражением:

$$S(x, z) = \frac{M}{2} \exp \left(- \left[\frac{\sigma_0 x}{\bar{u}} + \frac{w^2 x}{4 \bar{k} \bar{u}} + \frac{w(z - h_{эф})}{2 \bar{k}} \right] \right) \left\{ \frac{\exp(-[z + h_{эф}]^2 \bar{u} / 4 \bar{k} x) + \exp(-[z - h_{эф}]^2 \bar{u} / 4 \bar{k} x)}{\sqrt{\pi \bar{k} \bar{u} x}} - \frac{(2\beta - w) \exp \left[- \frac{(2\beta - w)(z + h_{эф})}{2 \bar{k}} + \left(\frac{2\beta - w}{2 \bar{k}} \right)^2 \frac{\bar{k} x}{\bar{u}} \right]}{\bar{k} \bar{u}} \times \right. \\ \left. \times \operatorname{erfc} \left[\left(\frac{2\beta - w}{2 \bar{k}} \right) \sqrt{\bar{k} x / \bar{u}} + \frac{(z + h_{эф})}{2 \sqrt{\bar{k} x / \bar{u}}} \right] \right\}. \quad (8)$$

При экспериментальном определении состава примеси могут быть использованы аспирационные датчики [25], которые совместно с масспектрометрическим оборудованием [26] обеспечат оценку как парциальной концентрации газоаэрозольной примеси в воздухе, так и общего количества вещества, выброшенного в атмосферу. Метеорологические параметры $b(z)$, $k(z)$, $u(z)$ и, соответственно, $\bar{b}$, $\bar{k}$, $\bar{u}$ неявно зависят от параметра устойчивости атмосферы L_0^* [24], представляющего собой, в рамках

* Состояние устойчивости атмосферы (с.у.а) – физическое свойство атмосферы, зависящее от совокупности свойств ее компонент (температуры, влажности, продольной скорости ветра, атмосферного давления). В рамках различных моделей с.у.а. характеризуется различными параметрами. Например, в рамках модели Пасквилла-Гиффорда с.у.а. характеризуется 7 классами (A, B, C, D, E, F, G) от сильно устойчивого G, до сильно неустойчивого неустойчивого A. В рамках модели приземного слоя атмосферы с.у.а. характеризуется масштабом приземного слоя атмосферы (масштабом Монино-Обухова L_0), определяемого по

модели приземного слоя атмосферы, масштаб Мони́на-Обухова. Эта величина, определяемая по данным метеорологических наблюдений датчиками, измеряющими скорость ветра, температуру и влажность воздушного потока и расположенных на различных уровнях на метеомачте при использовании методики градиентных наблюдений. Можно показать, что параметры $b(z)$, $k(z)$, $u(z)$ действительно зависят от параметра устойчивости атмосферы L_0 . Тогда, учитывая вид зависимости объемной концентрации $q(x,y,z)$ от усредненных значений этих параметров, определяемой выражениями (1) и (8), нетрудно понять, что и характер распределений объемной концентрации газоаэрозольной примеси, загрязняющей окружающую среду, также будет зависеть от этого параметра. Результаты расчета продольной скорости воздушного потока $U(z)$ и коэффициента турбулентной диффузии $K(z)$ в рамках модели приземного слоя атмосферы при различных состояниях ее устойчивости, определяемых масштабом Мони́на-Обухова L_0 и динамической скорости ветра v_* , приведены на рисунках 3, 4 [19, 20].

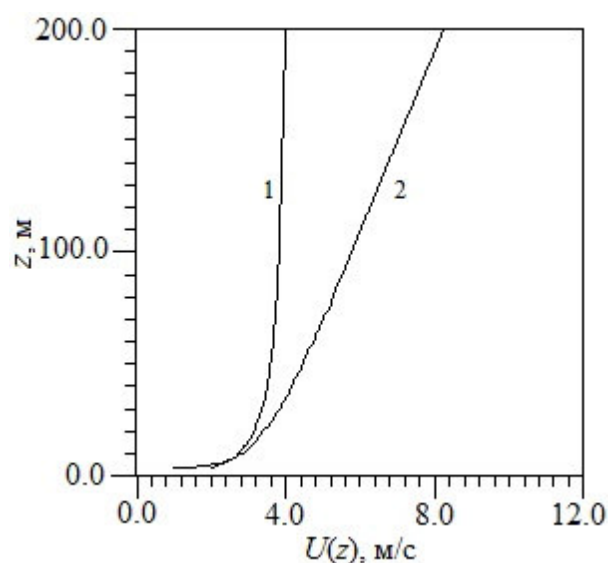


Рис. 3. – Зависимость скорости приземного ветра $U(z)$ от высоты от подстилающей поверхности (модель приземного слоя атмосферы): 1 - неустойчивое состояние ($L_0 = -18$, $v_* = 0,32$ м/с, $\bar{u} = 3,8$ м/с, $\bar{b} = 1,424$); 2 - устойчивое состояние ($L_0 = 30$, $v_* = 0,26$ м/с, $\bar{u} = 5,66$ м/с, $\bar{b} = 0,097$), [20].

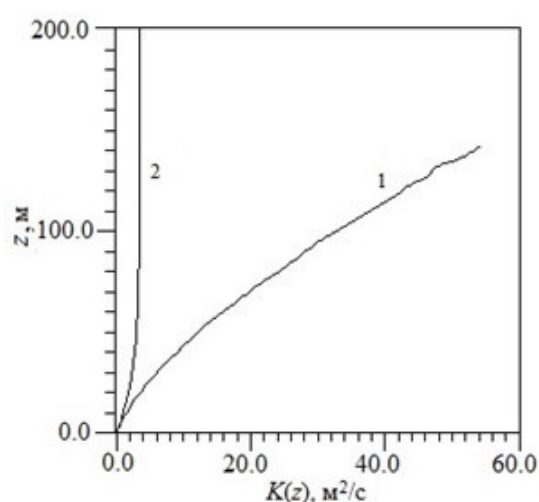


Рис. 4. – Зависимость коэффициента турбулентной диффузии $K(z)$ от высоты от подстилающей поверхности при различных состояниях устойчивости атмосферы (в рамках модели приземного слоя атмосферы): 1 – неустойчивое состояние $L_0 = -18$; 2 – устойчивое состояние $L_0 = 30$, $\bar{k} = 3,5$ м²/с, [20].

Распределения объемной концентрации $q_v(x)$ (нормированные на максимум распределения) в приземном слое атмосферы в направлении оси выброса (как функции расстояния x , $y = 0$) на уровне $z = 1,5$ при эффективной высоте выброса $h_{эф} = 100$ м приведены на рисунке 5, а ее поперечное распределение при фиксированных x и z , но различных x , приведены на рисунке 6 (а, б).

Результаты расчета показывают, что вид как осевого, так и поперечного распределений объемной концентрации $q_v(x)$ газоаэрозольной примеси существенно зависит от скорости ветра, являющейся одной из основных характеристик состояния устойчивости атмосферы. По мере удаления примеси от источника (при переносе ее

показаниям датчиков метеопараметров. В модели пограничного слоя атмосферы - параметром $\mu_0 = L_1/L_0$, где L_1 - масштаб пограничного слоя атмосферы ($L_1 > 0$), а L_0 - приземного, также определяемого по показаниям датчиков метеопараметров. Устойчивость и неустойчивость состояния атмосферы в этом случае определяются знаком отношения ($\mu_0 > 0$ – устойчивость, $\mu_0 < 0$ - неустойчивость), а абсолютная величина – характер устойчивости (сильная, слабая) и т.д.

ветром), величина заданной концентрации приходится на более узкий интервал значений «у». Полученные закономерности распределений газоаэрозольной примеси позволяют поставить вопрос о размере санитарно-защитной зоны предприятия, представляющего собой потенциальную угрозу загрязнения окружающей среды и решить вопрос оптимального количества детекторов автоматизированной системы, регистрирующих загрязнение окружающей среды не только качественно (например, выброс пошел в юго-восточном направлении), но и количественно (например, площадь загрязнения составила 3 км^2 с нагрузкой в 10 ПДК).

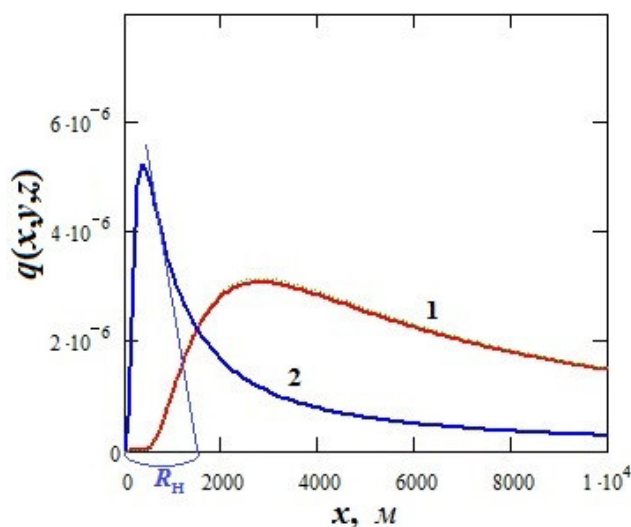


Рис. 5. – Осевые распределения выбросов объемной концентрации газоаэрозольной примеси при устойчивом $q_U(x, y=0, z=1,5)$ и неустойчивом $q_{NU}(x, y=0, z=1,5)$ состояниях атмосферы. На графике 2 представлена касательная в точке перегиба кривой и значение R_n на оси абсцисс

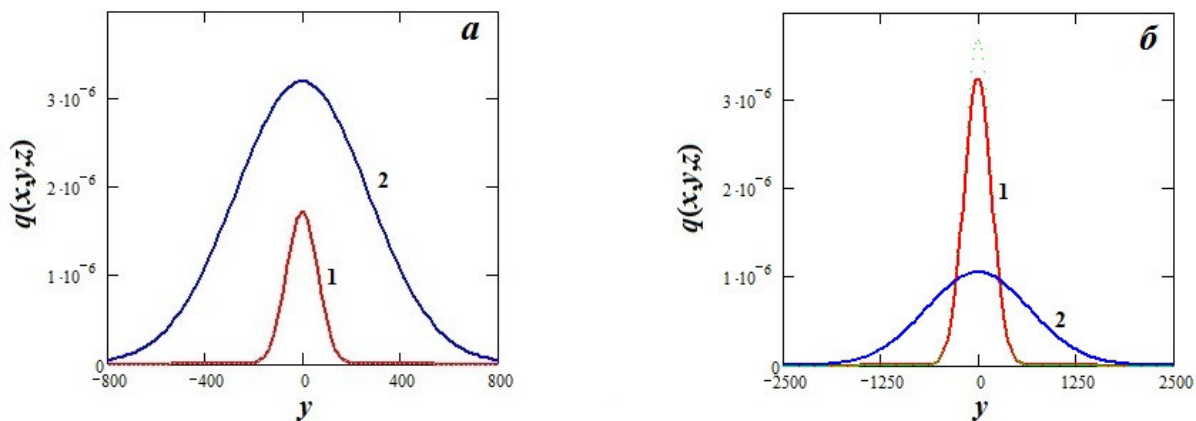


Рис. 6. – Поперечные распределения объемной концентрации газоаэрозольной примеси при устойчивом (1) и неустойчивом (2) состояниях атмосферы на различных расстояниях от источника выбросов: $x = 1000 \text{ м}$ (а); $x = 3000 \text{ м}$ (б) при $z = 1,5$ и $h_{эф} = 100 \text{ м}$

При решении вопроса о размере (эффективном радиусе СЗЗ), в первую очередь, как следует из нормативных документов, следует учитывать мощность выброса примеси из вентиляционных труб соответствующих производств. Мощность выброса примеси непосредственно зависит от мощности предприятий, их финансовых возможностей и метеорологических особенностей региона.

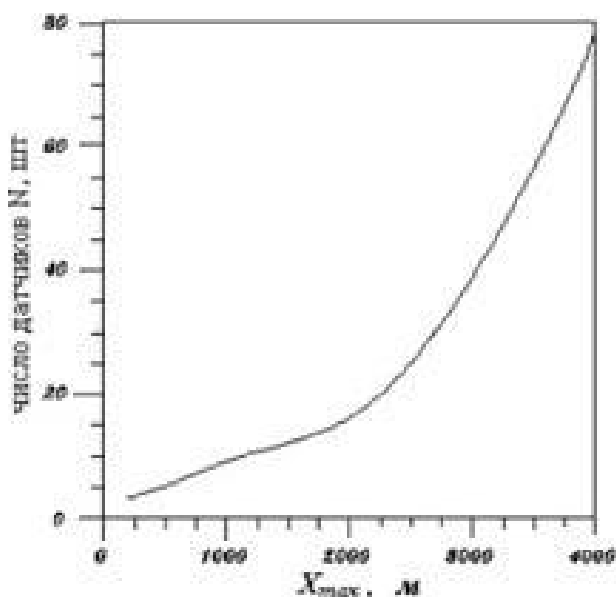


Рис. 7. – Зависимость числа датчиков, размещаемых по периметру СЗЗ радиусом $x_{\max}$, от величины этого радиуса [27]

Несомненно, что экологический контроль загрязнения окружающей среды необходимо осуществлять, путем размещения датчиков экологического контроля в СЗЗ, но, как показывают результаты расчетов работы [27] и расчеты, представленные авторами, повышая информативность такой системы, предприятие рискует пойти на далеко не оправданный перерасход финансовых средств, поскольку с ростом расстояния от источника число датчиков, осуществляющих экологический контроль, будет расти нелинейно (см. рис. 7). Поэтому, исходя из указанных соображений, следует констатировать, что радиус СЗЗ не должен превышать 2 км, что будет представлять собой верхнюю оценку размера СЗЗ R_B . С другой стороны, оценивая размер СЗЗ необходимо учитывать характерные метеорологические особенности региона, такие как средняя скорость ветра, температура и влажность воздуха. Если такие параметры найдены, то задаваясь величиной мощности выброса газоаэрозольной примеси, загрязняющей окружающую среду, и, оценивая эффективную высоту выброса, находят решение задачи по распределению примеси в заданном направлении, подобно решению, приведенному на рисунке 5. Далее, находя точку перегиба на ниспадающей ветви кривой, проводят касательную к кривой в этой точке и находят значение абсциссы, в которой прямая пересекает ось абсцисс. Последнее значение и будет представлять собой нижнюю оценку размера СЗЗ R_H (см. рис. 5).

Решая вопрос оценки оптимального количества датчиков, располагающихся в СЗЗ, будем полагать, что выброс газоаэрозольной примеси все-таки может произойти в любом направлении в диапазоне $0 \leq \varphi \leq 2\pi$ ($0 \leq \varphi \leq 360$). Размещение датчиков вокруг предприятия, представляющего собой потенциальный источник экологического загрязнения окружающей среды, целесообразно осуществлять не по розе ветров, а по периметру СЗЗ радиусом R_0 , удовлетворяющим неравенству $R_H \leq R_0 \leq R_B$ и равномерно по азимуту. Заметим, что только в такой постановке вопроса можно исключить противоречия между экологическими, экономическими и физическими критериями, которым должно удовлетворять размещение датчиков (постов экологического контроля). Именно такой подход реализован при оценке достаточного количества датчиков при реализации АСКРО на АЭС [19, 20, 23].

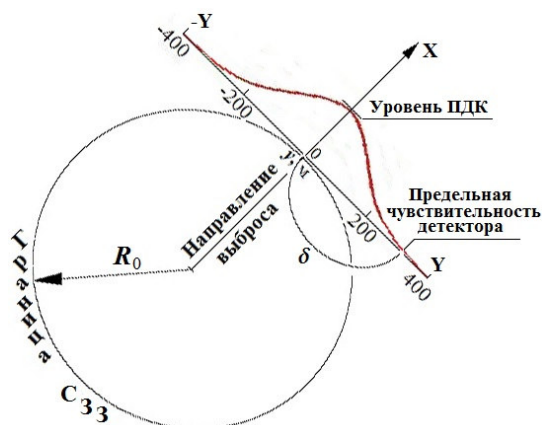


Рис. 8. – Иллюстрация выбора оптимального количества датчиков АСКЭО. На оси XOY приведено поперечное распределение газозеролевой примеси, загрязняющей окружающую среду

В выбросе газозеролевой примеси, загрязняющей окружающую среду, могут присутствовать различные компоненты, характеризующиеся различными по степени поражения организм человека свойствами. В таком случае, выбирая предельную чувствительность детектора, настроенного на наиболее поражающую организм примесь (см. рис. 8), найдем поперечное распределение этой примеси на расстоянии R_0 от источника, подобное распределению, приведенным на рисунке 6. Полагая, что в максимуме распределения, т.е. на границе C33 в направлении выброса достигается предельно допустимая концентрация веществ. В полученном распределении находят расстояние, на котором концентрация веществ оказывается равной порогу чувствительности датчика.

Вместе с тем, как показано выше (см. рис. 5, 6), при оценке N_n следует учитывать, что, как осевые, так и поперечные распределения примеси зависят от состояния устойчивости атмосферы. Последнее непосредственно следует из сравнения поперечных распределений газозеролевой примеси при различных состояниях устойчивости атмосферы, приведенных на рисунке 6 (а, б). Действительно, задаваясь определенным значением объемной концентрации примеси, пользуясь рисунком, находим, что выбранному значению отвечают совершенно различные области $(-y, +y)$, в которых находится это значение примеси при различных состояниях устойчивости атмосферы. Указанное свойство также будет определять зависимость величины δ от состояния устойчивости атмосферы. Последнее означает, что N_n будут различны для устойчивого $[(N_n)_{уст} \approx 22]$ и неустойчивого $[(N_n)_{нуст} \approx 17]$ состояний атмосферы. Выбирая наиболее худший вариант (устойчивое состояние, при котором δ минимальна), находим, что при любом состоянии устойчивости атмосферы необходимое число датчиков будет определяться равенством:

$$(N_n)_{уст} = [\pi R / \delta_{уст}], \quad (9)$$

а достаточное – на единицу больше:

$$(N_d)_{уст} = (N_n)_{уст} + 1. \quad (10)$$

Оценивая экологическую ситуацию Челябинской области, следует заметить, что согласно государственным программам, из бюджета выделяются огромные средства для устранения последствий деятельности промышленных предприятий. Значительные объемы выбросов не являются следствием неверной эксплуатации предприятий. Сами предприятия спроектированы на основе технологий, приводящих к образованию побочных продуктов в виде вредных веществ (диоксид серы, оксид меди, мышьяк и др.). Из-за несоблюдения норм производства и техники безопасности по сей день происходят аварии с человеческими жертвами, финансовым ущербом, исчисляемым

миллионами рублей. Одна из таких аварий произошла 1 октября 2015 года вследствие разгерметизации печи. Как итог – на момент ноября 2015 производство частично остановлено до завершения ремонтных работ [28, 29]. Как показано выше, в политике региональных властей прослеживаются попытки улучшения экологической ситуации в районах расположения металлургических предприятий. Но, можно предположить, что ситуация настолько тяжелая, что выделяемых средств не хватает на реализацию большинства пунктов программы, что и определило практику привлечения иностранных инвестиций для модернизации производств. При этом, выделяемые бюджетные средства, в силу остроты экологической обстановки, сложившейся в регионе, было бы эффективней реализовать не только в виде научно-исследовательских программ по внедрению и освоению новых технологий, но также и для разработки и внедрения автоматизированных систем контроля экологической обстановки на предприятиях металлургической и химической отраслей.

Положительным примером реализации подобных программ можно считать разработку и внедрение автоматизированных систем контроля радиационной обстановки окружающей среды (АСКРО) на объектах использования атомной энергии.

В рамках рассматриваемой проблемы также целесообразно сотрудничество и технологический обмен с зарубежными предприятиями, осуществляемые для ускорения темпов разработки и внедрения подобных систем, создания стандартизированной системы на большинстве предприятий металлургических и химических производств в мире.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Большина, Е.П.* Экология металлургического производства: курс лекций [Текст] / Е.П. Большина. – Новотроицк: НФ НИТУ «МИСиС», 2012. – 155 с.
2. *Смирнов, И.* Катастрофа местного масштаба [Текст] / И. Смирнов // Орская хроника. – 2011. – 9 ноября. – С. 5.
3. Завод «Карабашмедь» и «Кыштымский медеэлектролитный завод» (РМК) [Электронный ресурс] // Фотоотчет участника «ЖЖ». – 2015. – Режим доступа: URL: <http://gelio.livejournal.com/179601.html> – 08.09.2015.
4. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2015 года. Открытые данные Федеральной службы государственной статистики [Текст]. – [Б.м.], 2015.
5. Постановление правительства Челябинской области №16-п от 10 апреля 1997 г. «О мерах по развитию цветной металлургии области на 1997—2005 годы [Текст]. – Челябинск, 1997.
6. ЗАО «Карабашмедь» пытаются закрыть [Электронный ресурс] // Коммерсантъ (Екатеринбург). – 2003 – №203(2806). – 5 ноября. – Режим доступа: URL: <http://www.kommersant.ru/doc/425966> – 08.09.2015.
7. Карабашмедь завершает строительство самой современной в России медеплавильной печи [Электронный ресурс] // Infogeo.ru – информационно-аналитический портал, посвященный рынкам цветных металлов, металлопроката, рудного сырья и ферросплавов. – 2015. – Режим доступа: URL: <http://www.infogeo.ru/metalls/news/?act=show&news=15561#ixzz3qWO8cUMB> – 04.12.2015.
8. *Тресков, В.Д., и др.* Экологические проблемы г. Карабаш [текст] / В.Д. Тресков, Л.Р. Шарифуллина // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – №5-2. – С. 108.
9. Кислотный туман сжигает легкие жителей Карабаша [Электронный ресурс] // Россия 24. Репортаж Н. Васильева. – 2010. – Режим доступа: URL: <http://www.vesti.ru/doc.html?id=371992> – 08.09.2015.
10. Черные горы, оранжевая река: Карабаш – город-апокалипсис живой природы [Электронный ресурс] // Комсомольская правда. – 2011. – Режим доступа: URL: <http://www.kp.ru/daily/25708/908833/> – 08.09.2015.
11. Приложение №3 к отчету от 11.10.2005 г. об осуществлении муниципального экологического контроля на территории Карабашского городского округа Челябинской области № 319 от 22.02.2007. Постановление Собрании депутатов Карабашского городского округа Челябинской области [Текст]. – Карабаш, 2007.

12. Черная металлургия. Нынешнее состояние, проблемы и перспективы развития металлургии : интернет-пособие [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: URL: <http://emchezgia.ru/> – 09.10.2015.
13. Котыхов, М.И. Изучение закономерностей поведения меди при переработке низкосортных свинцовых концентратов в процессе Ванюкова [Текст] / М.И. Котыхов. Дисс. канд. техн. наук. – М.: Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», 2014.
14. «Карабашмедь» не сокращал выбросы, несмотря на НМУ [Электронный ресурс] / Информационное агентство «Podhod24». – 2015. – Режим доступа: URL: <http://podhod24.ru/news/2015/04/15/Karabashmed-ne-sokraschal-vybrosy-nesmotrya-na-NMU.html> – 08.09.2015.
15. За 10 лет индекс загрязнения в Карабаше изменился с очень высокого до повышенного [Электронный ресурс] / Служба новостей chelindustry.ru. – 2015. – Режим доступа: URL: <http://chelindustry.ru/info.php?tt=3&rt=5&ids=451> – 08.09.2015.
16. Постановление по делу об административном правонарушении 31 марта 2015 года г. Карабаш [Текст] // Дело № 5-10/2015. – Карабаш, 2015.
17. Постановление правительства Челябинской области № 318-П от 15 декабря 2010 года «Об областной целевой Программе природоохранных мероприятий оздоровления экологической обстановки в Челябинской области на 2011–2015 годы» [Текст]. – Челябинск, 2010.
18. Отчет о ходе выполнения в 2012 году областной целевой программы природоохранных мероприятий оздоровления экологической обстановки в Челябинской области на 2011–2015 годы [Текст]. – Челябинск, 2015.
19. Елохин, А.П. Автоматизированные системы контроля радиационной обстановки окружающей среды [Текст] / А.П. Елохин : учебное пособие – М.: НИЯУ МИФИ, 2012. – 316 с.
20. Елохин, А.П. Методы и средства систем радиационного контроля окружающей среды [Текст] : монография / А. П. Елохин ; М-во образования и науки Российской Федерации, Нац. исслед. ядерный ун-т «МИФИ». – М. : НИЯУ МИФИ, 2014. – 520 с.
21. Изменение №2 к СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Новая редакция» (утверждено постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 6 октября 2009 г. №61) Санитарно-эпидемиологические правила и нормы. СанПиН 2.2.1/2.1.1.2555-09 // Система ГАРАНТ. 2015. – Режим доступа: URL: http://base.garant.ru/12170460/#block_1005#ixzz3qoE8W5jB – 10.12.2015.
22. Елохин, А.П. Выбор оптимальной высоты метеомачты для задач прогнозирования радиоактивного загрязнения окружающей среды при выбросах АЭС [Текст] / А.П. Елохин // Научная сессия МИФИ-99 : Сб. науч. тр. – М., 1999. – Том 1. – С. 31–32.
23. Елохин, А.П. и др. Положение о повышении точности прогностических оценок радиационных характеристик радиоактивного загрязнения окружающей среды и дозовых нагрузок на персонал и население. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору РБ–053–09. Утверждено приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 08.06.2010 г. [Текст] / А.П. Елохин, М.В. Жилина, Д.Ф. Рау, Е.А. Иванов. – М., 2010. – №465. – 79 с.
24. Лайхтман, Д.Л. Физика пограничного слоя атмосферы [Текст] / Д.Л. Лайхтман – Л.: Гидромет. изд-во, 1970. – 340 с.
25. Пат. 2298776 Российская Федерация, МПК G01N1/22. Способ и устройство отбора проб воздуха для последующего анализа газообразных или аэрозольных примесей [Текст] / Н.И. Алимов и др.; заявитель и патентообладатель: Войсковая часть 61469. – Подача заявки: 21.12.04 - 2004137454/12, опубл. 10.05.07 – 10 с.
26. Лебедев, А.Т. Масс-спектрометрия для анализа объектов окружающей среды [Текст] / А.Т. Лебедев. Перевод с английского под общей редакцией А.Т. Лебедева – М.: Техносфера, 2013. – 632 с.
27. Кюммель, М. Разработка оптимальной сети измерений для проведения контроля окружающей среды на АЭС [Текст] / М. Кюммель // Обеспечение радиационной безопасности при эксплуатации АЭС. Кн.5. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – С. 78–89.
28. Авария на «Карабашмеди» произошла из-за скопления 200 тонн пыли [Электронный ресурс] / Программа «Телефакт» Челябинск. – 2015. – Режим доступа: URL: <http://www.telefakt.ru/news/lenta-novostejj/avarija-na-karabashmedi-proizoshla-iz-za-skoplenija-200-tonn-pyli/> – 24.11.2015.
29. Человеческих жертв могло и не быть [Электронный ресурс] // Итоги74.РУ. – Троицк, 2015. – Режим доступа: URL: <http://itogi74.ru/index.php?name=news&op=view&id=5783> – 24.11.2015.

REFERENCES

- [1] Bolshina E.P. Ekologiya metallurgicheskogo proizvodstva: kurs lekcij [Ecology of metallurgical production: course of lectures]. Novotroitsk. Pub. NF NITU «MISiS» [NUST MISiS], 2012. 155 p. (in Russian)
- [2] Smirnov I. Katastrofa mestnogo masshtaba [Accident of local scale]. Orskaya hronika [Orsk chronicle], 2011, 9 noyabrya [November 9], ISSN 0130-2221, p. 5. (in Russian)
- [3] Zavod «Karabashmed» i «Kyshtymskij medeielektrolitnyj zavod» (RMK) [Karabashcopper and Kyshtymsky Copper Electrolyte Plant (RMC)]. Fotootchet uchastnika «ZhZh» [Photoreport of the participant of "LJ"]. Available at: <http://gelio.livejournal.com/179601.html> (in Russian)
- [4] Chislennost naseleniya Rossijskoj Federacii po municipalnym obrazovaniyam na 1 yanvarya 2015 goda. Otkrytye dannye Federalnoj sluzhby gosudarstvennoj statistiki [Population of the Russian Federation on municipalities for January 1, 2015. Open data of Federal State Statistics Service]. Bez mesta [without place], 2015. (in Russian)
- [5] Postanovlenie pravitelstva Chelyabinskoy oblasti №16-p ot 10 aprelya 1997 g. «O merah po razvitiyu cvetnoj metallurgii oblasti na 1997—2005 gody [The resolution of the government of Chelyabinsk region № 16-p of April 10, 1997. "About measures for development of nonferrous metallurgy of area for 1997 — 2005]. Chelyabinsk, 1997. (in Russian)
- [6] ZAO «Karabashmed» pytayutsya zakryt [JSC Karabashcopper is tried to be closed]. Kommersant (Ekaterinburg) [Kommersant (Yekaterinburg)]. 2003, №203(2806), 5 noyabrya [November 9]. Available at: <http://www.kommersant.ru/doc/425966> (in Russian)
- [7] Karabashmed zavershaet stroitelstvo samoj sovremennoj v Rossii medeplavilnoj pechi [Karabashcopper finishes construction of the most modern in Russia of the copper-smelting furnace]. Nfgeo.ru – informacionno-analiticheskij portal, posvyashhennyj rynkam cvetnyh metallov, metalloprokata, rudnogo syrja i ferrosplavov [Nfgeo.ru – the information and analytical portal devoted to the markets of non-ferrous metals, metal rolling, ore raw materials and ferroalloys.]. 2015. Available at: <http://www.infgeo.ru/metalls/news/?act=show&news=15561#ixzz3qWO8cUMB> (in Russian)
- [8] Treskov V.D., Sharifullina L.R. Ekologicheskie problemy g. Karabash [Karabash environmental problems]. Sovremennye naukoemkie tehnologii [Modern high technologies]. 2014, №5-2, ISSN 1812-7320, p. 108. (in Russian)
- [9] Kislotnyj tuman szhigaet legkie zhitelej Karabasha [Acid fog burns lungs of Karabash residents]. Rossiya 24. Reportazh N. Vasileva [Russia 24. N. Vasilyev's reporting.]. 2010. Available at: <http://www.vesti.ru/doc.html?id=371992> (in Russian)
- [10] Chernye gory, oranzhevaya reka: Karabash – gorod-apokalipsis zhivoj prirody [Black hills, orange river: Karabash is the city apocalypse of wildlife]. Komsomolskaya pravda [Komsomolskaya Pravda]. 2011, ISSN 0233-433X. Available at: <http://www.kp.ru/daily/25708/908833/> (in Russian)
- [11] Prilozhenie №3 k otchyotu ot 11.10.2005 g. ob osushhestvlenii municipalnogo ekologicheskogo kontrolya na territorii Karabashskogo gorodskogo okruga Chelyabinskoy oblasti №319 ot 22.02.2007. Postanovlenie Sobraniya deputatov Karabashskogo gorodskogo okruga Chelyabinskoy oblasti [The appendix № 3 to the report of 11.10.2005 on implementation of municipal environmental control in the territory of the Karabash city district of Chelyabinsk region №. 319 of 22.02.2007. Resolution of Meeting of deputies of the Karabash city district of Chelyabinsk region]. Karabash, 2007. (in Russian)
- [12] Chernaya metallurgiya. Nyneshnee sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya metallurgii: internet-posobie [Ferrous metallurgy. Present state, problems and prospects of metallurgy development: Internet guide]. 2015. Available at: <http://emchezgia.ru/> (in Russian)
- [13] Kotyhov M.I. Izuchenie zakonomernostej povedeniya medi pri pererabotke nizkosortnyh svincovyh koncentratov v processe Vanyukova [Studying of regularities of copper when processing low-grade lead concentrates in the course of Vanyukov]. Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata texnicheskikh nauk [PhD thesis in Technical Sciences]. M. Pub. Nacionalnyj issledovatel'skij tekhnologicheskij universitet «MISiS» [National University of Science and Technology MISiS], 2014. (in Russian)
- [14] «Karabashmed» ne sokrashhal vybrosy, nesmotrya na NMU [“Karabashcopper ” didn't reduce emissions]. Informacionnoe agenstvo «Podhod24» [Information agency "Podhod24"]. 2015. Available at: <http://podhod24.ru/news/2015/04/15/Karabashmed-ne-sokraschal-vybrosy-nesmotrya-na-NMU.html> (in Russian)
- [15] Za 10 let indeks zagryazneniya v Karabashe izmenilsya s ochen vysokogo do povyshennogo [In 10 years the pollution index in Karabash changed with very high to the raised]. Sluzhba novostej chelindustry.ru [News service of chelindustry.ru]. 2015. Available at:

- <http://chelindustry.ru/info.php?tt=3&rr=5&ids=451> (in Russian)
- [16] Postanovlenie po delu ob administrativnom pravonarushenii 31 marta 2015 goda g. Karabash. Delo № 5-10/2015 [The resolution on the case of an administrative offense on March 31, 2015 Karabash]. Karabash, 2015. (in Russian)
 - [17] Postanovlenie pravitelstva Chelyabinskoy oblasti № 318-P ot 15 dekabrya 2010 goda «Ob oblastnoj celevoj Programme prirodoohrannyh meropriyatij ozdorovleniya ekologicheskoy obstanovki v Chelyabinskoy oblasti na 2011–2015 gody» [The resolution of the government of Chelyabinsk region № 318-P of December 15, 2010 "About the regional target Program of nature protection actions of improvement of an ecological situation in Chelyabinsk region for 2011-2015"]. Chelyabinsk, 2010. (in Russian)
 - [18] Otchet o hode vypolneniya v 2012 godu oblastnoj celevoj programmy prirodoohrannyh meropriyatij ozdorovleniya ekologicheskoy obstanovki v Chelyabinskoy oblasti na 2011–2015 gody [The report on the performance course in 2012 of the regional target program of nature protection actions of improvement of an ecological situation in Chelyabinsk region for 2011-2015]. Chelyabinsk, 2015. (in Russian)
 - [19] Elokhin A.P. Avtomatizirovannye sistemy kontrolya radiacionnoj obstanovki okruzhayushhej sredy : uchebnoe posobie [The automated monitoring systems of a radiation situation of environment: textbook]. M. Pub. NIYaU MIFI [NRNU MEPhI], 2012, ISBN 978-5-7262-1716-1, 316 p. (in Russian)
 - [20] Elokhin A.P. Metody i sredstva sistem radiacionnogo kontrolya okruzhayushhej sredy : monografiya [Methods and means of systems of radiation control of environment: monography]. Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federacii, Nacionalnyj issledovatel'skij yadernyj universitet «MIFI» [Ministry of Education and Science of the Russian Federation, National research nuclear university "MEPhI"]. M. Pub. NIYaU MIFI [NRNU MEPhI], 2014, ISBN 978-5-7262-1957-8, 520 p. (in Russian)
 - [21] Izmenenie №2 k SanPiN 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Sanitarno-zashhitnye zony i sanitarnaya klassifikaciya predpriyatij, sooruzhenij i inyx obektov. Novaya redakciya» (utverzhdeno postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 6 oktyabrya 2009 g. №61) Sanitarno–epidemiologicheskie pravila i normy. SanPiN 2.2.1/2.1.1.2555-09 [Change № 2 to the SanRN 2.2.1/2.1.1.1200-03 "Sanitary protection zones and sanitary classification of the enterprises, constructions and other objects. New edition" (it is approved as the resolution of the Chief state health officer of the Russian Federation of October 6, 2009 № 61) Sanitary and epidemiologic rules and norms. SanRN 2.2.1/2.1.1.2555-09]. Sistema GARANT [System GUARANTOR]. 2015. Available at : http://base.garant.ru/12170460/#block_1005#ixzz3qoE8W5jB (in Russian)
 - [22] Elokhin A.P. Vybór optimalnoj vysoty meteomachty dlya zadach prognozirovaniya radioaktivnogo zagryazneniya okruzhayushhej sredy pri vybrosah AES [Choice of optimum height of a meteomast for problems of forecasting of radioactive environmental pollution at emissions of the NPP]. Nauchnaya sessiya MIFI-99 [Scientific MEFhI-99 session]: sbornik nauchyh trudov [collection of scientific works]. M., 1999, Vol. 1, ISBN 5-7262-0311-9, pp. 31–32. (in Russian)
 - [23] Elokhin A.P., Zhilina M.V., Rau D.F., Ivanov E.A. Polozhenie o povyshenii tochnosti prognosticheskikh ocenok radiacionnyh harakteristik radioaktivnogo zagryazneniya okruzhayushhej sredy i dozovyh nagruzok na personal i naselenie. Ministerstvo prirodnyh resursov i ekologii Rossijskoj Federacii, Federalnaya sluzhba po ekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru RB–053–09. Utverzhdeno prikazom Federalnoj sluzhby po ekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru ot 08.06.2010 g [Provision on increase of accuracy of predictive estimates of radiation characteristics of radioactive environmental pollution and dose loads of the personnel and population. Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Russian Federation, Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision of RB-053-09. It is approved as the order of Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision of 08.06.2010.]. M. 2010, №465, 79 p. (in Russian)
 - [24] Lajhtman D.L. Fizika pograničnogo sloya atmosfery [Physics of atmosphere interface]. Leningrad. Pub. Izdatel'stvo Gidromet [Gidromet publishing house], 1970. 340 p. (in Russian)
 - [25] Patent 2298776 Rossijskaya Federaciya, MPK G01N1/22. Sposob i ustrojstvo otbora prob vozduxa dlya posleduyushhego analiza gazoobraznyh ili aeroliznyh primesej. N.I. Alimov i dr. Zayavitel i patentoobladatel Vojskovaya chast 61469. Podacha zayavki [Patent 2298776 Russian Federation, MPK G01N1/22. A way and the device of sampling of air for the subsequent analysis of gaseous or aerosol impurity/ N. I. Alimov, etc.; applicant and patent holder: Military unit 61469]: 21.12.04 - 2004137454/12, opubl [Published]. 10.05.07. 10 p. (in Russian)
 - [26] Lebedev A.T. Mass-spektrometriya dlya analiza obektov okruzhayushhej sredy [Mass spectrometry for the analysis of objects of environment]. Perevod s anglijskogo pod obshej redakciej A.T.

- Lebedeva [The translation from English is edited by A.T. Lebedev]. M. Pub. Tehnosfera [Technosphere], 2013, ISBN 978-5-94836-363-9, 632 p. (in Russian)
- [27] Kyummel M. Razrabotka optimalnoj seti izmerenij dlya provedeniya kontrolya okruzhayushhej sredy na AES. Obespechenie radiacionnoj bezopasnosti pri ekspluatcii AES [Development of an optimum network of measurements for the NPP environment monitoring]. Kniga[Book] 5. M. Pub. Energoatomizdat [Energoatomizdat], 1984. pp. 78–89. (in Russian)
- [28] Avariya na «Karabashmedi» proizoshla iz-za skopleniya 200 tonn pyli [Accident on "Karabashcopper" happened because of a congestion of 200 tons of dust]. Programma «Telefakt» ["Telefakt program"]. Chelyabinsk, 2015. Available at: <http://www.telefakt.ru/news/lenta-novostejj/avarija-na-karabashmedi-proizoshla-iz-za-skopleniya-200-tonn-pyli/> (in Russian)
- [29] Chelovecheskih zhertv moglo i ne byt [Loss of human life could not be]. Itogi74.RU [Results 74.RU]. Troitsk, 2015. Available at: <http://itogi74.ru/index.php?name=news&op=view&id=5783> (in Russian)

Use of Automated Systems for Environmental Monitoring in the Area Surrounding Ferrous, Nonferrous Metallurgical Enterprises and Nuclear Industry

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

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

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

Abstract – The problems of modernization of ARMS are considered for an ecological situation assessment in regions where the ferrous and nonferrous metallurgical enterprises are situated. These enterprises are characterized by considerable emissions and dumpings of the substances polluting the environment. The characteristic of specified enterprises emissions and their damage is provided. Introduction of the automated systems for environmental monitoring (ASEM) is offered for environmental control within the sanitary protection zone (SPZ) of the relevant enterprises. The main requirements to system, the principles of its work, the upper and lower estimates of the SPZ sizes are submitted. The principle of an assessment of optimum number of sensors of monitoring system is given.

Keywords: ecology, environmental pollution; production waste emissions; ferrous and non-ferrous metallurgy, material and financial costs, automated systems for environmental monitoring, NPP.

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

УДК 621.039.51

**ОБОСНОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕПЛООБМЕНА
ДЛЯ РЕАКТОРА С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ**

© 2015 В.К. Семенов, М.А. Вольман

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

Предложена математическая модель, позволяющая показать правомерность применения для обработки результатов экспериментов по определению нейтронно-физических характеристик реактора ВВЭР-1000 уравнений тепломассопереноса для «точечного» реактора. Проведены численные эксперименты по ее обоснованию.

Ключевые слова: АЭС, ВВЭР, нейтронно-физические характеристики, точечный реактор, математическая модель, теплообмен в реакторе.

Поступила в редакцию 20.10.2015 г.

Безопасный пуск и последующая эксплуатация ядерного реактора возможны только при знании его нейтронно-физических характеристик с точностью, удовлетворяющей требованиям правил ядерной безопасности и теплотехнической надежности активной зоны. В соответствии с существующими руководящими документами [1, 2] обработка результатов экспериментов по определению нейтронно-физических характеристик горячего реактора (в частности, коэффициентов реактивности) основывается на решении уравнений кинетики «точечного» реактора.

Изменение реактивности в окрестности малых изменений параметров реакторной установки, влияющих на реактивность, для данной глубины выгорания топлива с точностью до членов первого порядка определяется соотношением [1]:

$$\Delta\rho = (\partial\rho/\partial T_u) \Delta T_u + (\partial\rho/\partial T_v) \Delta T_v + (\partial\rho/\partial P) \Delta P_1 + (\partial\rho/\partial C) \Delta C_{\text{бк}} + \Delta\rho_{\text{суз}} + \Delta\rho_{\text{хе}} + \Delta\rho_{\text{см}}. \quad (1)$$

Здесь ΔT_u , ΔT_v , ΔP_1 и $\Delta C_{\text{бк}}$ – соответственно изменения температуры топлива, температуры теплоносителя в реакторе, давления в первом контуре и концентрации борной кислоты в реакторе; $\Delta\rho_{\text{суз}} = \int_{H_0}^H \frac{\partial\rho}{\partial H} dH$ – эффект реактивности, вносимый органами регулирования при их перемещении из положения H_0 в положение H ; $\Delta\rho_{\text{хе}}$ и $\Delta\rho_{\text{см}}$ – эффекты реактивности, обусловленные изменением концентрации ядер Xe-135 и Sm-149 в активной зоне соответственно.

Таким образом, реактивность реактора в быстрых переходных процессах зависит от температуры топлива и теплоносителя. Эти температуры в свою очередь определяются на основе решения уравнений тепломассопереноса, также записанных для «точечного» реактора [1]:

$$m_u c_u \frac{dT_u}{dt} = N_T - \alpha F (T_u - T_B) \quad (2)$$

$$m_B c_B \frac{dT_B}{dt} = \alpha F (T_u - T_B) - \gamma_B C_B G (T_{\text{ВЫХ}} - T_{\text{ВХ}}) \quad (3)$$

где m_u и c_u – соответственно масса топлива (по UO_2) и его удельная теплоемкость;
 T_u – средняя по активной зоне температура топлива;
 t – время;
 N_T – нейтронная мощность реактора;
 α – эффективный коэффициент теплопередачи от топлива к теплоносителю;
 F – эффективная поверхность теплообмена в активной зоне;
 T_B – средняя по активной зоне температура теплоносителя;
 m_B и C_B – соответственно масса и удельная теплоемкость теплоносителя в активной зоне;
 γ_B – плотность теплоносителя на входе в активную зону;
 G – объемный расход теплоносителя через реактор;
 $\Delta T = T_{\text{ВЫХ}} - T_{\text{ВХ}}$ – подогрев теплоносителя в реакторе.

$T_{\text{ВЫХ}}$ и $T_{\text{ВХ}}$ температуры теплоносителя на выходе и входе в активную зону, усредненные поперек каналов теплоносителя. Однако, чтобы воспользоваться указанными уравнениями, нужно установить связь между T_B , которая усреднена по высоте и ширине каналов теплоносителя, и $T_{\text{ВЫХ}}$ и $T_{\text{ВХ}}$, усредненных только поперек каналов теплоносителя.

Правомерность применения уравнений точечной кинетики обоснована в ряде теоретических работ [3]. Правомерность применения уравнений (2)–(3) в руководящих документах рассматривается на уровне интуитивного подхода и связь между вышеуказанными температурами определяется декларативно, исходя из предположения о линейном законе распределения средней поперек канала температуры по высоте активной зоны.

Для установления связи между вышеуказанными температурами нами предлагается следующая математическая модель. Теплоноситель течет по каналам, образованным зазорами между ТВЭЛами. Детальный расчет теплообмена в реальном реакторе представляет собой сложную задачу, но для решения данного вопроса воспользуемся упрощенной моделью, представив активную зону в виде цилиндрического канала, по которому движется теплоноситель, а источником теплоты является тепловыделяющий стержень радиуса $R_{\text{СТ}}$, расположенный по оси канала (рис. 1). Далее рассмотрим режим стационарного течения, полагая, что пространственное распределение объемного энерговыделения в стержне и температурное поле теплоносителя с течением времени не изменяются. Несмотря на грубость принятой модели в ней сохраняются главные черты рассматриваемого нами процесса.

В соответствии со сказанным, температурное поле может быть рассчитано на основе решения сопряженной задачи теплообмена между каналом и стержнем:

$$c_p \gamma_B \left(u \frac{\partial T}{\partial z} + v \frac{\partial T}{\partial r} \right) = \lambda_1 \left[\frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) \right] \quad (4)$$

$$\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rv) = 0 \quad (5)$$

$$\lambda_2 \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \theta) \right) + q = 0, \quad (6)$$

где c_p – удельная изобарная теплоемкость теплоносителя в активной зоне;
 γ_v – плотность теплоносителя;
 u, v – скорости теплоносителя соответственно вдоль и поперек канала теплоносителя;
 T – температура теплоносителя;
 λ_1, λ_2 – соответственно коэффициенты теплопроводности теплоносителя и стержня;
 θ – температура стержня;
 q – объемное энерговыделение.

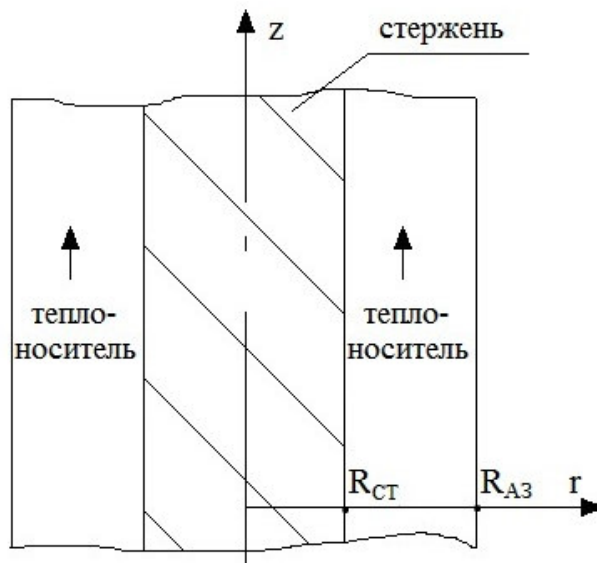


Рис. 1. – Модель активной зоны

Здесь первое уравнение – уравнение теплопроводности в жидкости, второе – уравнение непрерывности для усредненного по пульсациям турбулентного движения жидкости, а третье – уравнение теплопроводности в тепловыделяющем стержне. Объемное энерговыделение $q(z,r)$ определяется из решения соответствующей задачи распределения нейтронного потока [4]:

$$q(z,r) = C\varphi(r) \sin(\pi z/H), \quad (7)$$

где C – постоянная;
 $\varphi(r) = I_0(2,405r/R_3)$ – функция Бесселя первого рода нулевого порядка (R_3 – экстраполированный радиус стержня);
 H – экстраполированная высота активной зоны.

Постоянная C определяется нейтронной мощностью реактора N :

$$\int_R^{R_{AZ}} \varphi(r) 2\pi r dr \int_0^H \sin \frac{\pi z}{H} dz = N \quad (8)$$

Поскольку по переменной r проводится интегрирование, то для решения нашей задачи конкретный вид распределения по r несущественен.

Граничные условия имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} \text{при } r = R_{\text{ст}}: \quad & \lambda_1 \frac{\partial T}{\partial r} = \lambda_2 \frac{\partial \theta}{\partial r}, \\ \text{при } z = 0: \quad & T(0, r) = T_0(r), \quad (\lambda_2 \frac{\partial \theta}{\partial z})_{z=0} = (\lambda_2 \frac{\partial \theta}{\partial z})_{z=H} = 0, \\ \text{при } r = R_{A3}: \quad & \lambda_1 \frac{\partial T}{\partial r} = 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Расчет температурных полей проведем известным методом интегральных соотношений [5]. Для этого умножим уравнение (5) на $c_p \gamma_B$ и сложим его с уравнением (4):

$$c_p \gamma_B \left[\frac{\partial}{\partial z} (uT) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rvT) \right] = \lambda_1 \left(\frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \frac{\partial (rT)}{\partial r} \right). \quad (10)$$

Далее проинтегрируем уравнения (10) поперек канала теплоносителя:

$$c_p \gamma_B \left[\frac{\partial}{\partial z} \int_{R_{\text{ст}}}^{R_{A3}} uT 2\pi r dr + \int_{R_{\text{ст}}}^{R_{A3}} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rvT) 2\pi r dr \right] = \lambda_1 \frac{\partial^2}{\partial z^2} \int_{R_{\text{ст}}}^{R_{A3}} T 2\pi r dr + \lambda_1 \int_{R_{\text{ст}}}^{R_{A3}} \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \frac{\partial (rT)}{\partial r} 2\pi r dr.$$

Первый интеграл в полученном выражении определяет среднемассовую

$$\begin{aligned} \text{температуру } \langle T \rangle &= \frac{\int_{R_{\text{ст}}}^{R_{A3}} uT 2\pi r dr}{\int_{R_{\text{ст}}}^{R_{A3}} u 2\pi r dr} : \\ \int_{R_{\text{ст}}}^{R_{A3}} uT 2\pi r dr &= \langle T \rangle \int_{R_{\text{ст}}}^{R_{A3}} u 2\pi r dr = \langle T \rangle \langle u \rangle, \end{aligned} \quad (11)$$

где $\langle u \rangle = G = \int_{R_{\text{ст}}}^{R_{A3}} u 2\pi r dr$ – объемный расход теплоносителя.

При турбулентном течении профиль усредненной по пульсациям скорости внутри потока практически не зависит от координаты r , спадая до нуля лишь в узком пристеночном слое, поэтому средняя по ширине канала температура будет равна среднемассовой.

В силу граничных условий ($v = 0$ при $r = R_{\text{ст}}$ и $r = R_{A3}$) второй интеграл равен нулю.

Из следующих оценок видно, что конвективный вынос теплоты превалирует над теплопроводностью вдоль канала:

$$\frac{\lambda_1 \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}}{c_p \gamma_B u \frac{\partial T}{\partial z}} \sim \frac{\lambda_1 T H}{c_p \gamma_B H^2 u T} \sim \frac{\lambda_1}{c_p \gamma_B H u} \ll 1$$

и в виду узости канала:

$$\frac{\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}}{\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rT)} \sim \frac{R^2}{H^2} \ll 1.$$

С учетом соответствующих оценок, получим:

$$c_p \gamma_B G \frac{\partial}{\partial z} \langle T \rangle = \lambda_1 2\pi R_{\text{ст}} \left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{r=R_{\text{ст}}} = 2\pi R_{\text{ст}} \cdot j, \quad (12)$$

где $j = -\frac{\partial T}{\partial r} \lambda_1$ – плотность теплового потока из стенок в теплоноситель.

Проинтегрируем уравнение (12) по z :

$$\langle T_{\text{вых}} \rangle = \langle T_{\text{вх}} \rangle + \frac{2\pi R_{\text{ст}}}{c_p \gamma_B G} \int_0^H j(z) dz. \quad (13)$$

Обратимся теперь к уравнению (6). Так как выделенная в стержне теплота отводится через боковую поверхность, то выполняется соответствующее неравенство:

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \ll \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \theta}{\partial r} \right)$$

и после интегрирования поперек стержня, получим:

$$\lambda_2 \int_0^{R_{\text{ст}}} 2\pi r \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \theta}{\partial r} \right) dr + \int_0^{R_{\text{ст}}} q 2\pi r dr = 0.$$

Отсюда:

$$-2\pi R_{\text{ст}} j + 2\pi \int_0^{R_{\text{ст}}} q(r, z) r dr = 0$$

и

$$j(z) = \frac{C}{R} \int_0^{R_{\text{ст}}} \varphi(r) r dr \sin(\pi z / H) \quad (14)$$

Поскольку явный вид зависимости $\varphi(r)$ для нашей задачи не существует, то введем обозначение:

$$C \int_0^{R_{\text{ст}}} (r) r dr = K \quad (15)$$

Таким образом, зависимость теплового потока от z можно представить в виде:

$$j(z) = \frac{K}{R_{\text{ст}}} \sin(\pi z / H) \quad (16)$$

Интегрируя уравнение (13) с учетом (16), получим:

$$\langle T(z) \rangle = \langle T_{\text{вх}} \rangle + K_1 \left(1 - \cos \frac{\pi z}{H} \right), \quad (17)$$

где $K_1 = \frac{KH}{c_p \gamma_e G}$ – новая постоянная.

Отсюда получим для средней по сечению реактора температуры на выходе из него:

$$\langle T(H) \rangle = \langle T_{\text{вх}} \rangle + 2K_1 \quad (18)$$

Теперь найдем температуру, усредненную по всей активной зоне:

$$\bar{T} = \frac{1}{H} \int_0^H T(z) dz \quad (19)$$

Подставляя сюда (17), получим:

$$\bar{T} = \langle T_{\text{вх}} \rangle + K_1 \quad (20)$$

С учетом выражения (18) окончательно имеем:

$$\bar{T} = \frac{\langle T_{\text{вх}} \rangle + \langle T_{\text{вых}} \rangle}{2} \quad (21)$$

Полученный результат говорит о том, что закон зависимости средней по сечению канала температуры движущегося теплоносителя от вертикальной координаты определяется законом зависимости объемного тепловыделения в нагревателе от указанной координаты. Причина этого заключается в том, что все тепло из стержня отводится через боковую поверхность и в теплоносителе преобладает конвективный вынос теплоты по сравнению с теплопроводностью вдоль канала. Так как характер зависимости $q(z)$ симметричен относительно середины активной зоны, то средняя температура теплоносителя представляется формулой (21).

В реальных реакторах это распределение несимметрично и поэтому при решении исходной системы уравнений (2)–(3) равенство (21) выполняться не будет, что может внести некоторую погрешность в результаты обработки экспериментальных данных по определению коэффициентов реактивности.

Однако, численные эксперименты, проведенные нами с различными смещенными распределениями, показывают, что отличие полученной средней температуры от температуры, полученной по предыдущей формуле, составляет порядка 2–3%.

В качестве примера приведем результаты расчета средней температуры по активной зоне в случае несимметричного распределения плотности теплового потока по высоте зоны, представленного на рисунке 2. На его основании получена зависимость средней по сечению канала температуры теплоносителя от высоты активной зоны. Она приведена на рисунке 3 (в расчете приняты $\langle T_{\text{вх}} \rangle = 289^\circ\text{C}$, $\langle T_{\text{вых}} \rangle = 322^\circ\text{C}$, высота активной зоны $H = 350$ см).

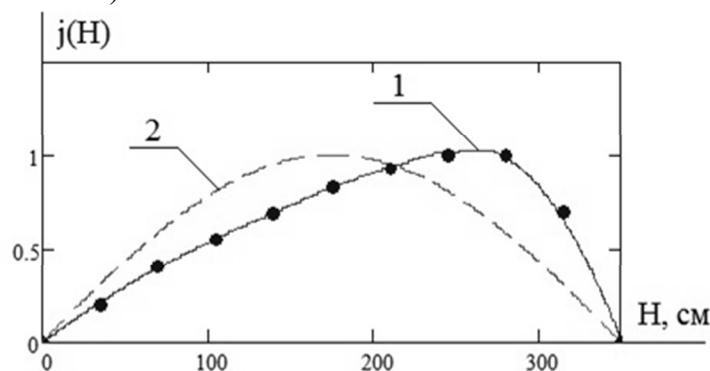


Рис. 2. – Распределение плотности теплового потока по высоте зоны:
1 – несимметричное; 2 – симметричное

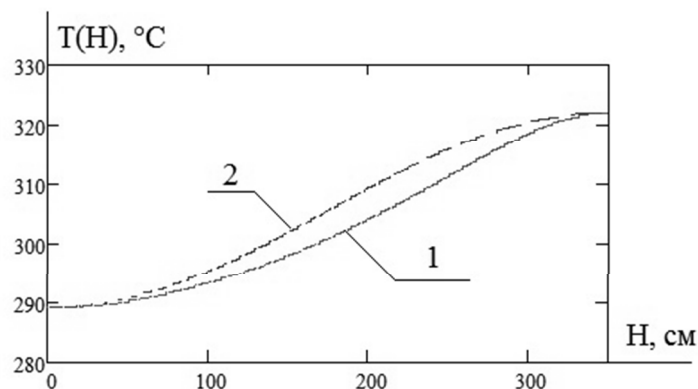


Рис. 3. – Распределение средней по сечению температуры теплоносителя по высоте зоны:
1 – несимметричное; 2 – симметричное

В общем случае для средней температуры зоны имеем:

$$\bar{T} = \frac{\langle T_{\text{вх}} \rangle + \langle T_{\text{вых}} \rangle}{m}, \quad (22)$$

где m – коэффициент, характеризующий форму распределения средней по сечению температуры теплоносителя по высоте зоны.

Для рассмотренного примера коэффициент $m = 2,02$, и, как видно из рисунка 3, нелинейность распределения температуры по высоте зоны в обоих случаях невелика, а для определения средней по активной зоне температуры может быть использовано выражение (21).

Таким образом, предложенная математическая модель позволяет обосновать применение уравнений теплообмена для «точечного» реактора и используемое приближение для средней температуры теплоносителя по активной зоне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РД ЭО 0151-2004. Методики расчета нейтронно-физических характеристик по данным физических экспериментов на энергоблоках атомных электростанций с реакторами ВВЭР-1000 [Текст]. – М.: Росэнергоатом, 2005. – 101 с.
2. РД ЭО 0150-2004. Типовые программы и методики проведения физических экспериментов на энергоблоках атомных электростанций с реакторами ВВЭР-1000 [Текст]. – М.: Росэнергоатом, 2005. – 273 с.
3. Белл, Д. и др. Теория ядерных реакторов [Текст] / Д. Белл, С. Глесстон. – М.: Мир, 2001. – 301 с.
4. Семенов, В.К. Кинетика и регулирование ядерных реакторов: учеб. пособие [Текст] / В.К. Семенов. – Иваново, 2008. – 145 с.
5. Шлихтинг, Г. Теория пограничного слоя [Текст] / Г. Шлихтинг. – М.: Наука, 1974. – 711 с.

REFERENCES

- [1] RD EO 0151-2004. Metodiki rascheta neytronno-fizicheskikh kharakteristik po dannym fizicheskikh eksperimentov na energobloках atomnykh elektrostantsiy s reaktorami VVER-1000 [Calculation methods of neutron-physical characteristics according to physical experiments on nuclear power units with WVER-1000], M. Pub. Rosenergoatom, 2005, 101 p. (in Russian)
- [2] RD EO 0150-2004. Tipovye programmy i metodiki provedeniya fizicheskikh eksperimentov na energobloках atomnykh elektrostantsiy s reaktorami VVER-1000 [Typical programs and methods of physical experiments on nuclear power units with WVER-1000], M. Pub. Rosenergoatom, 2005, 273 p. (in Russian)
- [3] Bell D., Glesston S. Teoriya yadernykh reaktorov [The theory of nuclear reactors], M. Pub. Mir, 2001, 301 p. (in Russian)

- [4] Semenov V.K. Kinetika yadernykh reaktorov [Kinetics of nuclear reactors], Ivanovo., 2008, 145 p. (in Russian)
- [5] Shlikhting G. Teoriya pogrannichnogo sloya [Boundary layer theory]. M. Pub. Nauka [Science], 1974, 711 p. (in Russian)

Argumentation of Heat-exchange Mathematical Model for Reactor with Concentrated Parameters

V.K. Semenov , M.A. Volman

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

Abstract – A mathematical model was proposed. It allows showing the application of heat and mass transfer equations for a point reactor to process the results of neutron-physical experiments in WWER-1000 reactor. Numerical experiments on model argumentation were carried out.

Keywords: NPP, WWER, neutron-physical characteristics, point reactor, mathematical model, heat exchange in reactor.

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

УДК 621.311.25:621.039.5

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ
И РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АЭС**

© 2015 В.Г. Бекетов*, А.Н. Шкуриндин, И.Н. Шкуриндин****

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

*** Машиностроительное предприятие ООО «Полесье», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

Авторами статьи рассматривается взаимодействие процессов работы конструкторского и технологического отделов внутри предприятия при разработке сопроводительной документации на теплообменные аппараты. При анализе этих процессов были определены недостатки и предложен улучшенный процесс проектирования и технологической подготовки производства с использованием методологии структурного анализа (SADT). Возможности методологии SADT можно использовать для совершенствования планирования процессов проектирования и выпуска продукции для атомной отрасли, что улучшает качество оборудования и повышает безопасность при эксплуатации энергоблоков АЭС. Комплексный характер методологии позволяет быстро окупить затраты на ее сопровождение и выйти на новый уровень показателей качества.

Нашей целью является разработка предложений по совершенствованию управления процессами при проектировании и технологической подготовке производства на ООО «Полесье» для достижения которой необходимо решить следующие задачи:

- построение функциональной модели существующих процессов;
- построение модернизированной модели;
- разработка мероприятий по совершенствованию системы управления производством продукции предприятия.

В результате декомпозиции функциональных блоков разрабатываемой модели и определения потоков данных, процесс разработки проекта (в данном случае – конструирования оборудования АЭС) и технологической подготовки производства значительно упростится, что приведет к повышению производительности труда и сокращению затрачиваемого времени и, в итоге, к повышению эффективности работы предприятия.

Ключевые слова: виртуальное моделирование, работа конструкторского отдела, технологические процессы, теплообменные процессы, теплообменное оборудование.

Поступила в редакцию 18.12.2015 г.

Повышение качества проектирования и снижение трудоемкости изготовления проектно-сметной документации в настоящее время связано с расширением применения систем автоматизированного проектирования, ориентированных как на решение отдельных проектных задач, так и на выпуск проектных документов.

Проведение научных исследований в области структурного моделирования процессов связано с ростом разработок, при создании которых требуется построение сложных структур процессов автоматизированного проектирования, отражающих отношения между структурными частями объекта заданного класса и проектными процедурами и операциями.

В решении задач, стоящих перед структурным моделированием процессов, рассматриваемых как сложные системы с несимметричными отношениями между

элементами в виде ориентированных графов, важное значение имеет анализ структуры процесса на наличие замкнутых частей, упорядочение элементов процесса по уровням, определяющим последовательность выполнения элементов, организация процесса в нескольких уровнях вложенности, что позволяет разрабатывать структуру процесса по частям. Это делает необходимым исследование свойств структурной модели процесса, построение адекватно заменяющей формализованной конструкции и определение ее преобразований.

Технологические процессы отличаются высокой трудоемкостью и длительностью производственного цикла изготовления узлов, деталей и машин.

Применение сложной техники, изготовление и разработка наукоемкой продукции обусловили необходимость предъявления повышенных требований к уровню профессиональной подготовки инженерных кадров. Это позволяет выпускать продукцию, в которой материализуются технические, технологические, информационные, организационные, экономические инновации, позволяющие обеспечить выпуск конкурентоспособной продукции [4].

Технико-экономические показатели теплообменных аппаратов всех типов: конденсаторов, испарителей, охладителей, экономайзеров, радиаторов и т.д., и назначений определяются уровнем обоснованности решений при проектировании конструкций макро- и микроструктуры поверхностей теплообмена. Важными факторами эксплуатации теплообменных аппаратов являются долговечность, технологичность и эффективность.

Подготовка производства имеет следующие основные особенности [2]:

- большой объем работ;
- большая трудоемкость, определяемая высокой сложностью задач;
- низкая степень формализации проектных процедур;
- многовариантность технологических решений;
- разнообразие видов технологического проектирования;
- существенное влияние на качество машины.

Для разработки модели используется среда BPWinProcessModeler (BPwin), которая позволяет строить диаграммы, соответствующие методологии структурного анализа (SADT), в нескольких нотациях.

Препятствиями для широкого распространения SADT систем в отечественном машиностроении являются: их высокая начальная стоимость, высокая стоимость обучения, переобучения и повышения квалификации персонала, необходимость поддержания в рабочем состоянии дорогих аппаратных средств, необходимость технической поддержки и сопровождения систем. Выходом из создавшегося положения может быть создание виртуальных предприятий – региональных проблемных лабораторий. Создание подобных лабораторий соответствует концепциям развития отечественного машиностроения в современных условиях [1].

Система состоит из комбинации функциональных блоков, преобразующих входные потоки данных в выходные. Они имеют управляющие воздействия, которые определяют, когда и как преобразование должно осуществляться, а также объектов, которые осуществляют преобразование.

На концептуальном (верхнем) уровне система подготовки производства представляется в виде единого функционального блока. Диаграмма отражает порядок работы конструкторского и технологического отделов, как отдельного звена производственной цепочки жизненного цикла изделия.

После этого производится последовательная декомпозиция функциональных блоков (процессов) на более мелкие процессы, с указанием потоков данных, связывающих их. Соответствующие диаграммы первого уровня декомпозиции приведены на рисунках 1 и 2.

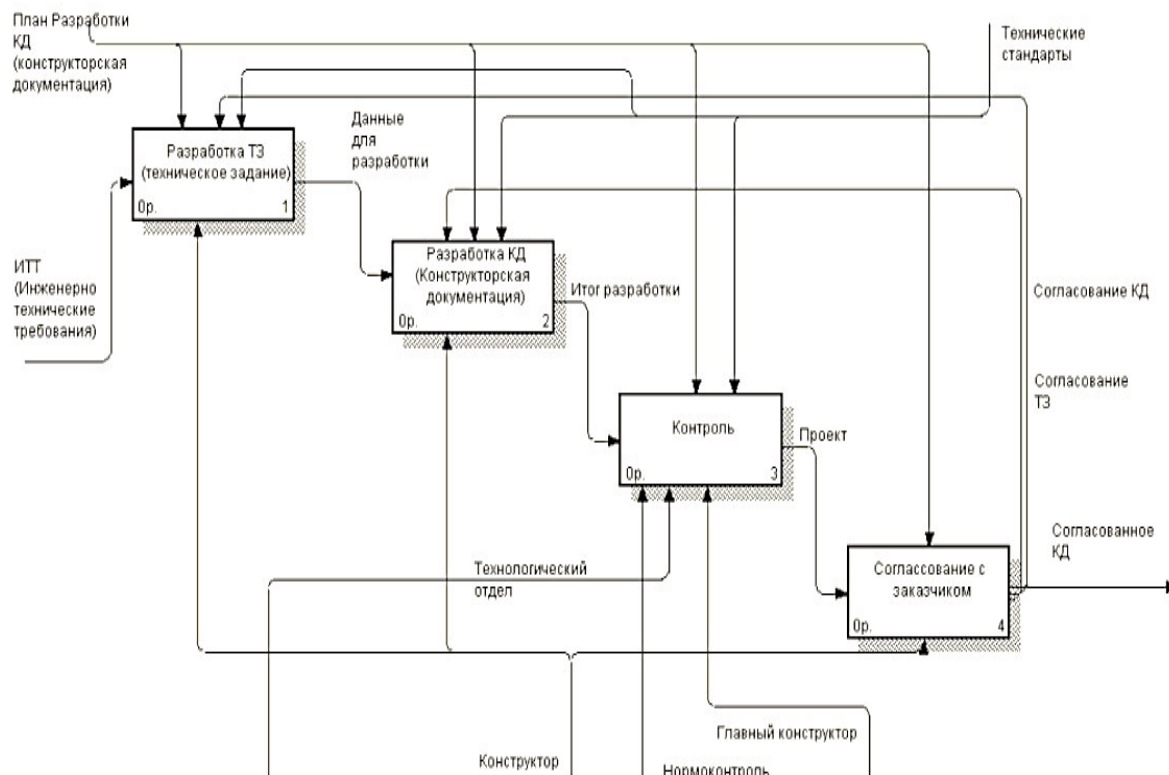


Рис. 1. – Первый уровень модели – разработка конструкторской документации

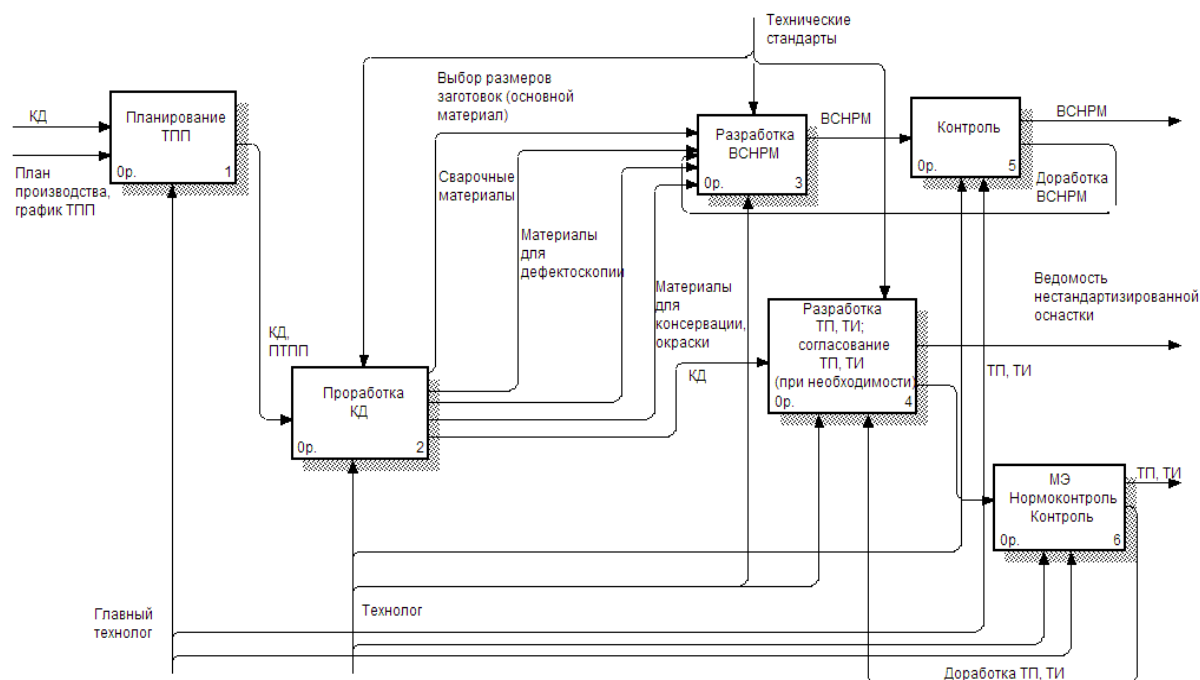


Рис. 2. – Первый уровень модели – разработка технологической документации

Проанализировав данный уровень модели можно убедиться в возможности улучшения технологической документации обратными связями (в блоках «Контроль» и «Нормоконтроль»). Каждый из основных функциональных блоков первого уровня может быть, в свою очередь, декомпозирован. Соответствующие диаграммы второго уровня приведены на рисунках 3–4.

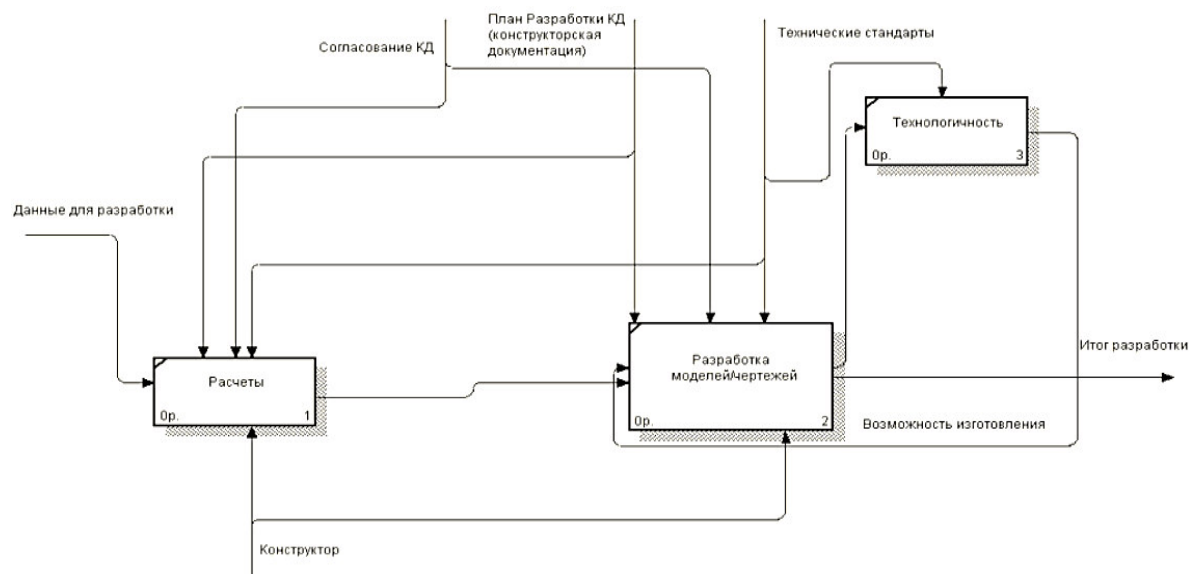


Рис. 3. – Второй уровень модели – декомпозиция блока «Разработка конструкторской документации (КД)»

На данном этапе происходит последовательная разработка документации.

Второй уровень модели «Проработка КД» проходит без декомпозиции в связи с полным отражением его компонентов на главной схеме.

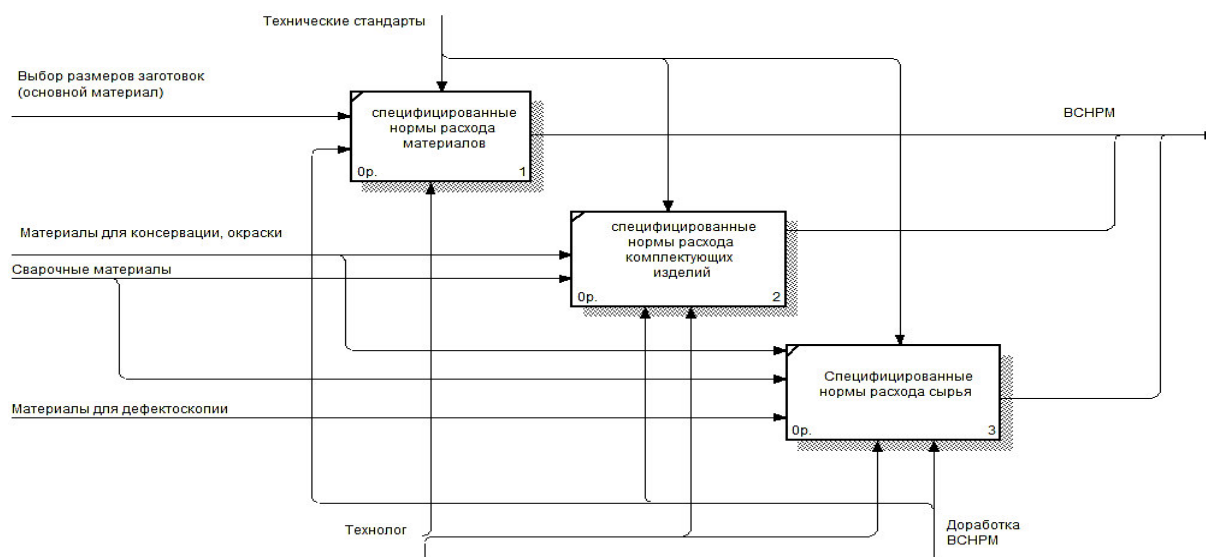


Рис. 4. – Второй уровень – декомпозиция блока «Разработка BSNRM»

Данный этап может быть многопроходным, т.к. присутствует обратная связь из блока «Контроль». Это обеспечивает качественный процесс разработки ведомости специфицированных норм расхода материалов (BSNRM).

BSNRM – документ, который формируется на основе конструкторской документации (КД), и передается в отдел снабжения, для обеспечения заказа материалами. В дальнейшем отдел снабжения делает в этом документе отметки о состоянии материально технического снабжения (МТС).

После выбора основных материалов (сырье, сварочные материалы, консервация и

окраска, основной металл и размеры заготовок) на основании специфицированных норм расхода и технических стандартов разрабатывается ВСНРМ. Доработка данного документа производится при необходимости.

Основные причины корректировки:

- 1) Унификация по сортаменту.
- 2) Унификация по марке материала.
- 3) Замена на аналоги.

После того, как ВСНРМ создана и заполнена, можно проводить его корректировку и резервирование материалов [6].

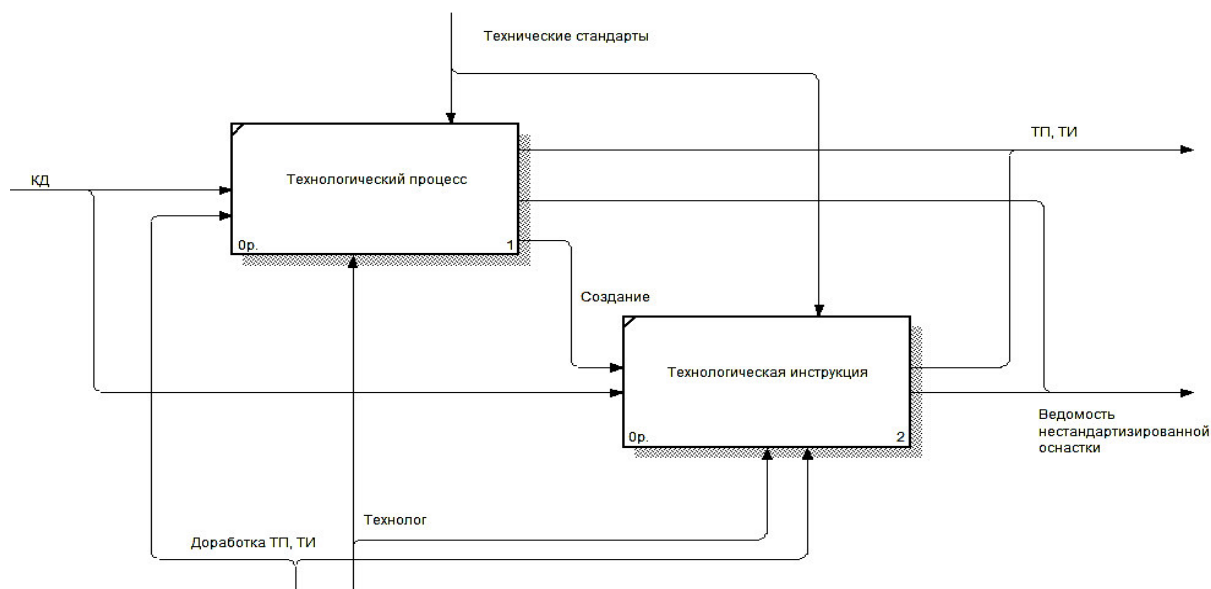


Рис. 5. – Второй уровень – декомпозиция блока «Разработка ТП, ТИ; согласование ТП, ТИ (при необходимости)»

Документация на данном этапе контролируется посредством обратных связей.

Основные этапы разработки ТП являются: анализ исходных данных; выбор аналога процесса изготовления единицы; выбор заготовок и способов ее изготовления; выбор технологических баз; составление технологической модели (ТМ); разработка теплообменного оборудования (ТО); нормирование ТП; определение требований таблиц контроля качества (ТБ); расчет экономической эффективности ТП; оформление ТП.

Основные этапы разработки технологических процессов показаны ГОСТ 14.303–73;

Групповые ТП и операции разрабатываются в соответствии с требованиями ГОСТ 14.316–75 и ГОСТ 14.301–83.

Исходные данные для разработки групповых ТП и операций показаны в ГОСТ 14.303–73. Руководящая информация должна включать данные, содержащиеся в действующих групповых ТП и операциях, оснастки и оборудования, классификаторах изделий. Справочная информация обязана содержаться в документации на действующие типовые и единичные ТП, в описаниях методов обработки изделий, в ведомостях трудоемкости изделий и других нормативных материалах.

Этапы разработки групповых ТП включают: анализ исходных данных, группирование изделий, количественную оценку групп предметов, нормирование технологического процесса. Остальные этапы подобны основным этапам разработки типовых технологических процессов, показанных в ГОСТ 14.303–73.

Проектируемые ТП заносятся в технологическую документацию (маршрутные, операционные и операционно-инструкционные технологические карты).

Маршрутные карты содержат список цехов, которые содержат список

технологических операций с указанием оборудования, оснастки, разряда работы и нормы времени для каждой операции. Они используются при единичном и мелкосерийном производстве.

Операционные карты применяются в серийном производстве, содержат список: "переходов" операции, оборудования для выполнения операции, режимов технологической оснастки и обработки по каждому "переходу", уровня работы, нормы времени на операцию, а так же отдельным ее составляющим.

Контрольные операции задаются технологами на основе данных чертежей и ТУ; заносятся в технологические карты [5].

Требования к содержанию технологической инструкции (ТИ).

В разделе «Область применения» указывают вид продукции, на которую распространяется ТИ. Раздел «Область применения» начинают словами: «Настоящая технологическая инструкция распространяется на процесс изготовления продукции...». В этом разделе указывают также наименование и обозначение конкретных Технических условий (ТУ), национального стандарта (ГОСТ, ГОСТ Р) или Стандарта организации (СТО), приложением к которому является ТИ, в случае, если ТИ не является самостоятельным документом.

В разделе «Ассортимент продукции» указывают полный ассортимент конкретной продукции, изготавливаемой по данной ТИ.

Раздел «Требования к сырью» содержит требования к сырью, используемому для изготовления продукции, с указанием нормативного или технического документа. В этом разделе делают запись о том, что сырье, используемое для изготовления данной продукции, должно соответствовать требованиям нормативных и технических документов (ГОСТ, ГОСТ Р, ТУ) и иметь сопроводительные документы, подтверждающие их качество и безопасность в соответствии с нормативными правовыми актами Российской Федерации.

Раздел «Рецептуры» содержит по каждой рецептуре конкретного наименования продукции норму расхода сырья брутто и нетто на одну, десять, сто или более порций (шт.), или на один, десять и более кг, массу (выход) полуфабрикатов и выход готовой продукции с учетом потерь при кулинарной обработке. Расход сырья (брутто и нетто), требуемого для изготовления продукции, устанавливает предприятие-изготовитель экспериментальным способом на основании актов проработки.

Раздел «Технологический процесс» содержит последовательность технологических процессов и операций, правила приемки и внутрицеховой транспортировки, правила и условия хранения сырья, а также порядок их подготовки для использования в технологическом процессе. Описание каждого технологического процесса содержит параметры технологических режимов (температуру, влажность, продолжительность процесса и др.), а также виды используемого технологического оборудования. В данном разделе также отражают требования по санитарной обработке оборудования, инвентаря и тары в соответствии с санитарными нормами и правилами (СанПиН) для данного производства с учетом особенностей технологического процесса.

Раздел «Упаковка и маркировка» содержит требования к потребительской и транспортной таре для продукции, а также к ее маркировке.

Раздел «Транспортирование и хранение» содержит требования к доставке, в том числе к используемым транспортным средствам, к условиям хранения и срокам годности продукции с момента окончания технологического процесса согласно срокам, установленным санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами.

В разделе «Организация контроля за качеством и безопасностью продукции» указывают порядок организации на предприятии технологического контроля качества и безопасности процессов производства на всех этапах изготовления продукции [4, 5, 6, 7].

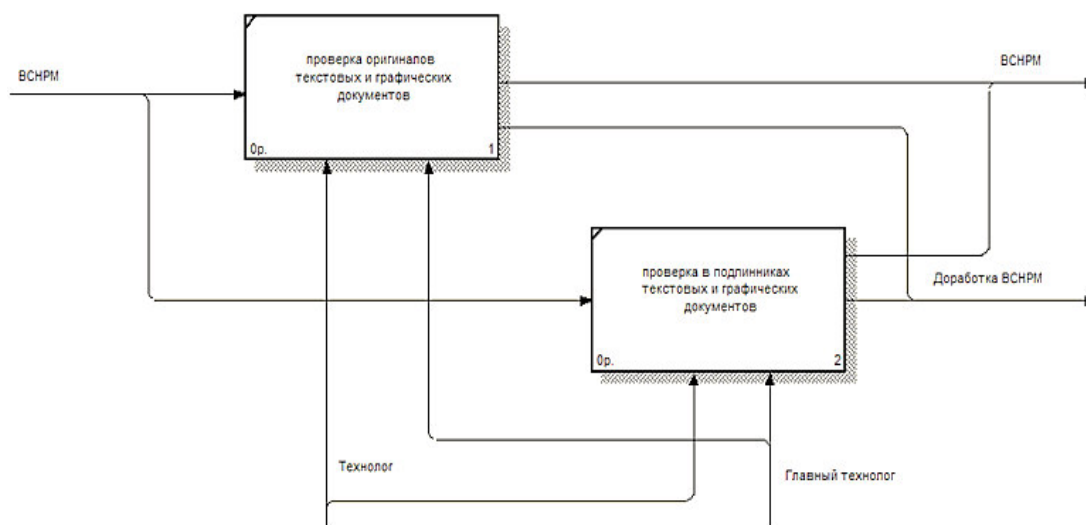


Рис. 6. – Второй уровень – декомпозиция блока «Контроль»

Данный уровень необходим для обеспечения качества не только документации, но и изготавливаемой продукции.

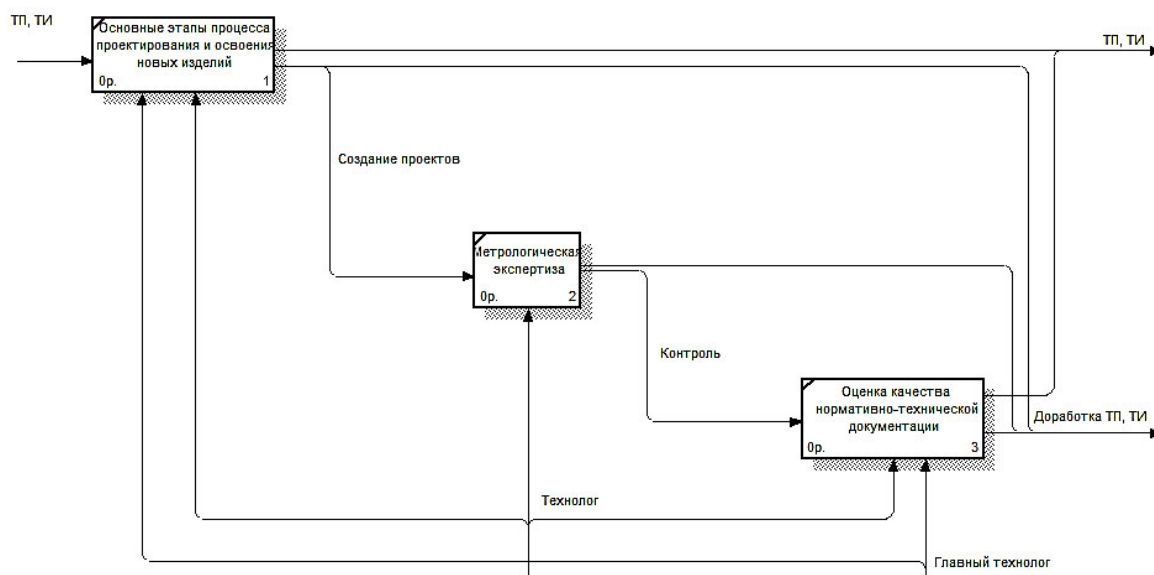


Рис. 7. – Второй уровень – декомпозиция блока «Нормоконтроль»

Уровень обеспечивает соответствие ТП и ТИ нормам единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и единой системы технологической документации (ЕСТД).

Основными преимуществами разработанной функциональной модели является то, что в результате декомпозиции функциональных блоков и определения потоков данных, процесс разработки значительно упростится, что приведет к следующим результатам:

- сокращению времени, необходимого для разработки проекта;
- повышению качества выполнения отдельных этапов проекта «разработка

технологической подготовки изготовления теплообменного оборудования».

К недостаткам можно отнести высокие требования к квалификации руководителей и высокая нагрузка руководителя, сложность информационных связей.

ВЫВОД

В результате изучения этапов технологической подготовки производства были выявлены основные преимущества и недостатки работы технологического отдела с целью повышения эффективности работы предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хорошилов, Г.С. Эффективность технологических нововведений и инжиниринговая сеть [Текст] / Г.С. Хорошилов // Вестник машиностроения. – 1995. – №6. – С. 47–50.
2. Корчак, С.Н. и др. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов : учебник для вузов по специальностям «Технология машиностроения», «Металлорежущие станки и инструменты» [Текст] / С.Н. Корчак, А.А. Кошин, А.Г. Ракович, Б.И. Синицын; общ. ред. С.Н. Корчака. – М. : Машиностроение, 1988. – 352 с.
3. Проектирование теплообменных аппаратов АЭС [Текст] / Общ. ред. Ф.М. Митенков. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 296 с.
4. Техническая подготовка производства [Электронный ресурс] // Административно-управленческий портал AUP.RU. – 2015. – Режим доступа: URL: <http://www.aup.ru/> – 15.12.2015.
5. Теплообменники энергетических установок [Текст] / Общ. ред. Ю.М. Бродов. – Екатеринбург: ИД «Сократ», 2003. – 965 с.
6. Технологическая подготовка производства [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: URL: <http://www.kaskad-mp.ru/> – 15.12.2015.
7. Технологические процессы в производстве [Электронный ресурс] // Образовательный сайт Е.Н. Кучеровой. – 2015. – Режим доступа: URL: <http://www.kycherova.ru/> – 15.12.2015.

REFERENCES

- [1] Khoroshilov G.S. Effektivnost tekhnologicheskikh novovvedeniy i inzhiniringovaya set [Efficiency of technological innovations and engineering network]. Vestnik mashinostroeniya [Journal of mechanical engineering], 1995, №6, ISSN 0042-4633, pp. 47–50. (in Russian)
- [2] Korchak S.N., Koshin A.A., Rakovich A.G., Sinitsyn B.I. Sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya tekhnologicheskikh protsessov, prispособleniy i rezhushchikh instrumentov [Systems of the automated design of technological processes, adaptations and the cutting tools]: uchebnik dlya vuzov po spetsialnostyam «Tekhnologiya mashinostroeniya», «Metallorazreshchchie stanki i instrumenty» [the textbook for higher education institutions on the specialties "Technology of Mechanical Engineering", "Metal-cutting Machines and Tools"], Obshchaya redaktsiya S.N. Korchaka [Edited by S.N. Korchak]. M. Pub. Mashinostroenie [Mechanical Engineering], 1988. ISBN 5-217-00237-9, 352 p. (in Russian)
- [3] Proektirovanie teploobmennyykh apparatov AES [Design of the NPP heat exchange equipment]. Pod obshchey redaktsiey F.M. Mitenkova [Edited by F.M. Mitenkov]. M. Pub. Energoatomizdat [Energoatomizdat], 1988. ISBN 5-283-03756-8, 296 p. (in Russian)
- [4] Tekhnicheskaya podgotovka proizvodstva [Technical production preparation]. Administrativno-upravlencheskiy portal AUP.RU [Administrative and managerial AUP.RU portal]. 2015. Available at: <http://www.aup.ru> (in Russian)
- [5] Teploobmenniki energeticheskikh ustanovok [Heat exchangers of power stations]. Pod obshchey redaktsiey Yu.M. Brodova [Edited by Yu.M. Brodov]. Ekaterinburg. Pub. ID «Sokrat» ["Socrate" Publishing House], 2003. 965 p. (in Russian)
- [6] Tekhnologicheskaya podgotovka proizvodstva [Technological preparation of production]. 2015. Available at: <http://www.kaskad-mp.ru> (in Russian)
- [7] Tekhnologicheskie protsessy v proizvodstve [Technological processes in production]. Obrazovatelnyy sayt E.N. Kucherovoy [Educational site of E.N. Kucheroval]. 2015. Available at: <http://www.kycherova.ru> (in Russian)

Modelling Of Designing and Manufacturing Technique Processes of the NPP Heat Transfer Equipment

V.G. Beketov*, A.N. Shkurindin**¹, I.N. Shkurindin**²

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

** *Engineering company JSC "Polesye"*

93 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia 347370

¹ *e-mail: Arrankarcheg@gmail.com ; ² e-mail: Shkurindinin@gmail.com*

Abstract – BACKGROUND Interaction of design and technological departments working processes when developing accompanying documentation for heat exchangers is considered.

METHODS In the analysis of these processes shortcomings were defined and the improved process of design and technological preparation of production with use of the structural analysis methodology is offered (SADT). SADT methodology possibilities can be used for process planning improvement of design and production for nuclear branch that improves equipment quality and increases the NPP safety. Complex character of methodology allows to pay back quickly costs of its maintenance and to reach the new level of quality.

OBJECTIVES We developed proposals for improving the management of processes during designing and technological production preparation at JSC "Polesye".

It is necessary to solve the following problems:

- construction of a functional model of present processes;
- construction of the upgraded model;
- development of actions for improvement of production management system.

RESULTS Project development (in this case is the NPP equipment design) and technological production preparation will become considerably simpler as a result of functional block decomposition of the developed model and data flow definitions. It will increase labor productivity and reduce the spent time and generally improve the enterprise work efficiency.

Keywords: virtual modeling, design department activity, production processes, heat exchange processes, heat transfer equipment.

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

УДК 623.454.8

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЗУЧЕСТИ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ
РАБОТЫ СПЕЦИАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

© 2015 Д.С. Горюшкин, Ю.С. Зуев, А.В. Стахеев

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

Предложена методика расчета наукоемких изделий при действии на них статических механических нагрузок при комнатных температурах. Проведенные численные расчеты на образцах из инертных материалов дают предварительные оценки величины прогибов и деформаций ползучести в конструкциях. Верификация предложенной методики будет выполнена на основе приведенных экспериментов на образцах из инертных материалов. Исследуется возможность переноса результатов численных расчетов на масштабные модели.

Ключевые слова: критические нагрузки, инертные материалы, перемещение, деформация ползучести, конечно-элементная модель, экспериментальное обоснование.

Поступила в редакцию 22.11.2015 г.

В связи с постоянным повышением требований к условиям эксплуатации элементов сооружений, возникает необходимость исследования работы конструкций с учетом возможности появления необратимых деформаций. Во время транспортировки опасных грузов в элементах специальных контейнеров возможна реализация ползучести материалов при длительном воздействии внешних и внутренних сил и температур, при этом нагрузки, действующие на корпус контейнера, могут быть медленно и быстро меняющиеся. Есть нагрузки, действующие годами, а есть такие, время действия которых исчисляется миллионными долями секунды. В зависимости от указанных обстоятельств, механические свойства материалов будут проявляться по-разному. Реализация деформаций ползучести в контейнерах может привести к нарушению конструкторской схемы изделия при совместном действии температурных и инерционных воздействий. Исследование характеристик ползучести материалов представляет собой актуальную задачу в целях обоснования прочности и надежности конструкции. В настоящей работе на основе численного метода рассматривается поведение материалов при нормальной температуре и низких уровнях нагружения. Верификация предложенной методики будет выполнена на основе приведенных экспериментов на образцах из инертных материалов.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Обобщающий анализ свойств материалов с учетом времени действия нагрузки и температуры оказывается очень сложным и не укладывается в простые экспериментально полученные кривые. При совместном действии постоянных нагрузок и температур, изменяющихся по времени, у конструкционных материалов обнаруживается новое свойство – ползучесть. Явление ползучести зависит от множества факторов, как внешних, так и внутренних (старение материала, размер

зерна). Как известно, ползучесть материалов описывается кривой ползучести, которая представляет собой зависимость деформации от времени при постоянной температуре и приложенной нагрузке (или напряжении). Зависимость деформации ползучести от времени имеет нелинейный характер и сильно зависит от уровня приложенной нагрузки. При повышении температуры испытания, скорость ползучести также растет. Ввиду изгибного характера деформирования материалов внутри контейнера, при испытаниях на ползучесть должны использоваться аналогичные схемы нагружения образцов из исследуемого материала.

Экспериментальная работа включает в себя проведение испытаний на изгиб с определением разрушающей нагрузки F , затем исследование характеристик ползучести материала при уровнях постоянной нагрузки в интервале (0,1 - 0,6) от значения разрушающей нагрузки F , полученной при испытаниях на изгиб.

В настоящей работе выполнено численное моделирование опытов на изгиб и ползучесть с использованием образцов из инертных материалов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ ИЗ ИНЕРТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИЗГИБ И ПОЛЗУЧЕСТЬ

Для верификации результатов численных расчетов требуется проведение экспериментов на изгиб и ползучесть на образцах из инертных материалов. Для отработки нагружения используются образцы из алюминиевого сплава Д16 ГОСТ 4784-97 и меди М1 ГОСТ 859-2001. Выбор материалов обусловлен наличием низкотемпературной ползучести у данных материалов при относительно низких уровнях нагружения. Для выбора и обоснования размеров образцов из инертных материалов был проведен предварительный численный расчет. Образец для проведения испытаний выбран с прямоугольным сечением: толщина – 2 мм, ширина – 10 мм и длина – 55 мм. Такая форма более удобна для проведения измерений перемещений, деформаций образца и применяется при исследовании характеристик материалов при изгибе согласно ГОСТ 14019-2003 [1].

Согласно ГОСТ 14019-2003 в качестве схемы испытания образцов на изгиб при комнатной температуре используется изгибающее устройство с тисками. Схема испытания образцов на изгиб показана на рисунке 1.

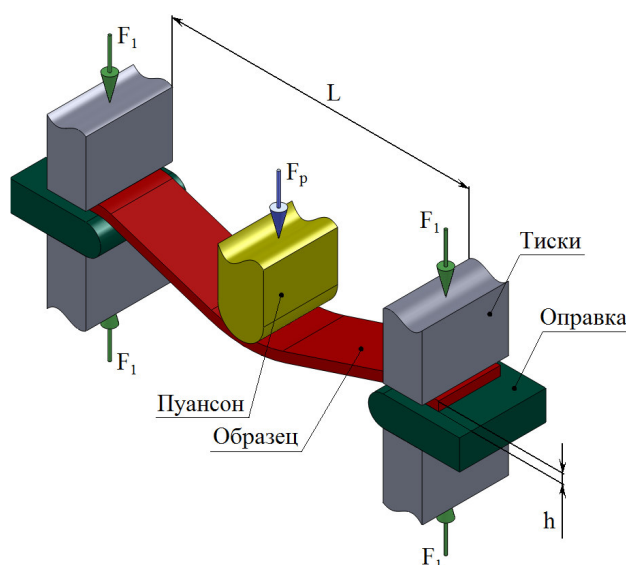


Рис. 1. – Схема испытаний образцов на изгиб

Закрепление исследуемых образцов осуществляется при помощи оправки и тисков. Материал оправки, тисков и пуансона: сталь X12M по ГОСТ 5950-73. К тискам прикладывается поджимающая сила F_1 , её уровень в ГОСТ 14019-2003 не регламентирован. Скорость нагружения образцов ≈ 1 мм/мин, в ходе исследований проводится измерение прогиба исследуемых образцов.

Для проведения экспериментальных исследований на ползучесть была разработана оснастка. Общий вид разработанной испытательной оснастки представлен на рисунке 2.

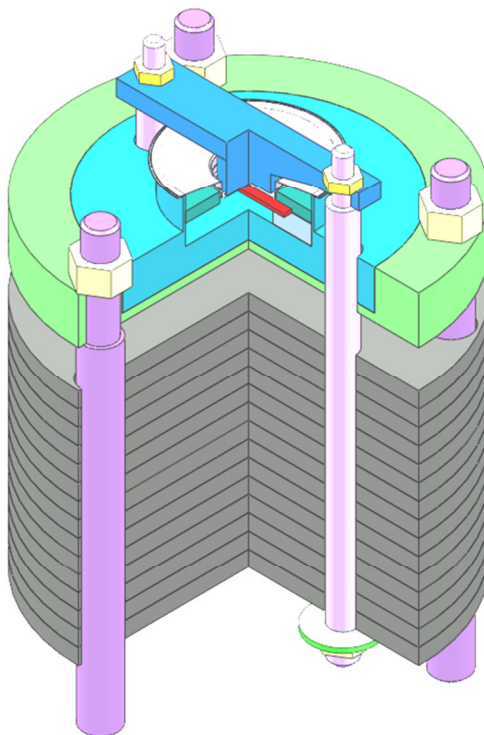


Рис. 2. – Общий вид испытательной оснастки

Конструкция испытательной оснастки реализует нагружение статической силой исследуемый образец из инертного материала. Уровень нагрузки воздействующей на образец определяется массой груза, входящего в состав оснастки. Нагружение образца осуществляется с помощью пуансона. Конструкция пуансона позволяет передавать нагрузку от составного груза к образцу. Передача усилия осуществляется с помощью резьбовых шпилек, вкрученных в тело пуансона, и опоры грузов.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ ИЗ ИНЕРТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИЗГИБ И ПОЛЗУЧЕСТЬ

Численные расчеты на образцах из инертных материалов проведем в последовательности, аналогичной опытам:

- расчет на изгиб образца по определению уровня нагрузки F_p , при которой достигается предельное значение деформаций в исследуемом образце (для выбора уровней нагружения при расчетах на ползучесть);
- расчеты на ползучесть при постоянном усилии на образец в интервале значений $0,3F_p - 0,5F_p$ с выдержкой по времени.

По результатам численных расчетов построим зависимости изменения прогиба образцов, нагруженных постоянной силой, от времени проведения испытания, а также

зависимости изменения деформации во времени.

Численный расчет проведен по программе конечно-элементного анализа в нелинейной упругопластической постановке с использованием двухмерной симметричной модели. Расчетная симметричная конечно-элементная модель схемы нагружения образцов из инертных материалов на изгиб и ползучесть представлена на рисунке 3.

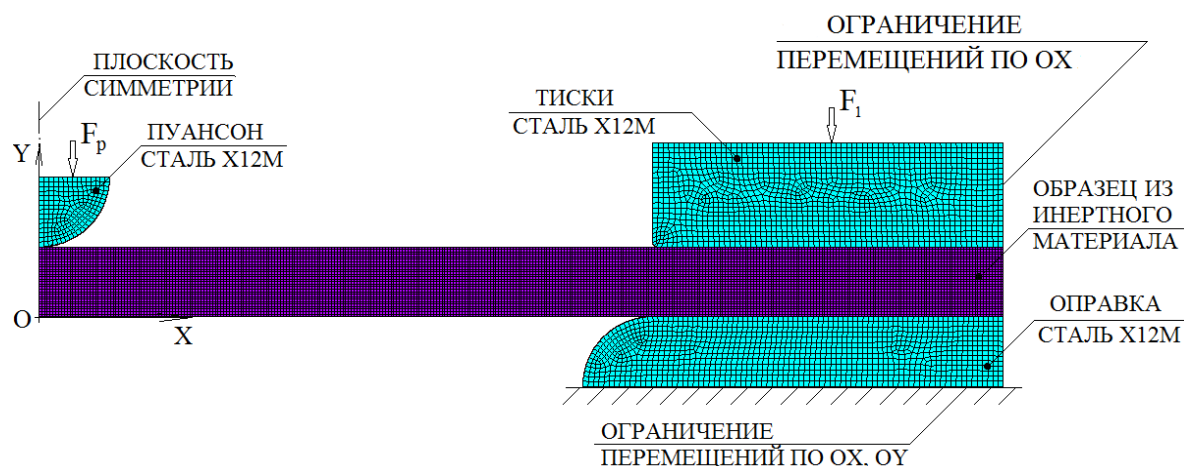


Рис. 3. – Конечно-элементная модель исследуемых образцов

На узлы, попадающие в плоскость симметрии, накладывались соответствующие ограничения по перемещениям по оси ОХ. Узлы, лежащие в основании оправки, жестко закреплены во всех направлениях. На узлы, лежащие на торце оснастки, накладывались соответствующие ограничения по перемещениям по оси ОХ.

Взаимодействие между элементами сборки «образец – оснастка» и «образец – пуансон» задавалось контактными элементами. Коэффициент трения для контактирующих деталей задавался равным 0,3 [2]. В численных расчетах осевое усилие F_p равномерно приложено к верхней плоской поверхности пуансона. Принятые в расчетах физико-механические свойства материалов [3,4] представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Физико-механические свойства материалов

Материал	Медь М1	Сплав Д16	Сталь Х12М
Условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	330	447	–
Предел прочности при растяжении σ_b^p , МПа	350	560	–
Модуль упругости E , МПа	$1,17 \times 10^5$	$0,72 \times 10^5$	$2,02 \times 10^5$
Относительное удлинение при растяжении δ , %	13	8,5	–
Модуль упрочнения E' , МПа	153,6	1305,3	–
Коэффициент Пуассона μ	0,35	0,3	0,28

В работе [4] проведены исследования ползучести материалов (меди М1 и сплава Д16) при комнатной температуре и уровнях нагружения соответствующих $(0,7 - 1,1) \sigma_{0,2}$.

В таблице 2 представлены экспериментальные значения скорости ползучести для исследованных материалов в зависимости от напряжения.

Таблица 2. – Экспериментальные данные характеристик ползучести материалов

Медь М1 ГОСТ 859-2001	σ , МПа	400	410	480	500	570
	ξ , с ⁻¹	$2,78 \times 10^{-6}$	$5,56 \times 10^{-6}$	$1,02 \times 10^{-5}$	$1,25 \times 10^{-5}$	$1,67 \times 10^{-5}$
Сплав Д16 ГОСТ 4784-97	σ , МПа	300	325	340	360	380
	ξ , с ⁻¹	$6,11 \times 10^{-6}$	$8,88 \times 10^{-6}$	$1,05 \times 10^{-5}$	$1,27 \times 10^{-5}$	$1,63 \times 10^{-5}$

В таблице 2 обозначено:

σ – действующее напряжение в материале образца, МПа;

ξ – скорость ползучести материала, с⁻¹

Проведена аппроксимация данных таблицы 2 и построены зависимости скорости ползучести материалов от напряжения.

На рисунке 4 представлена полученная степенная зависимость скорости ползучести от напряжения для меди М1 ГОСТ 859-2001.

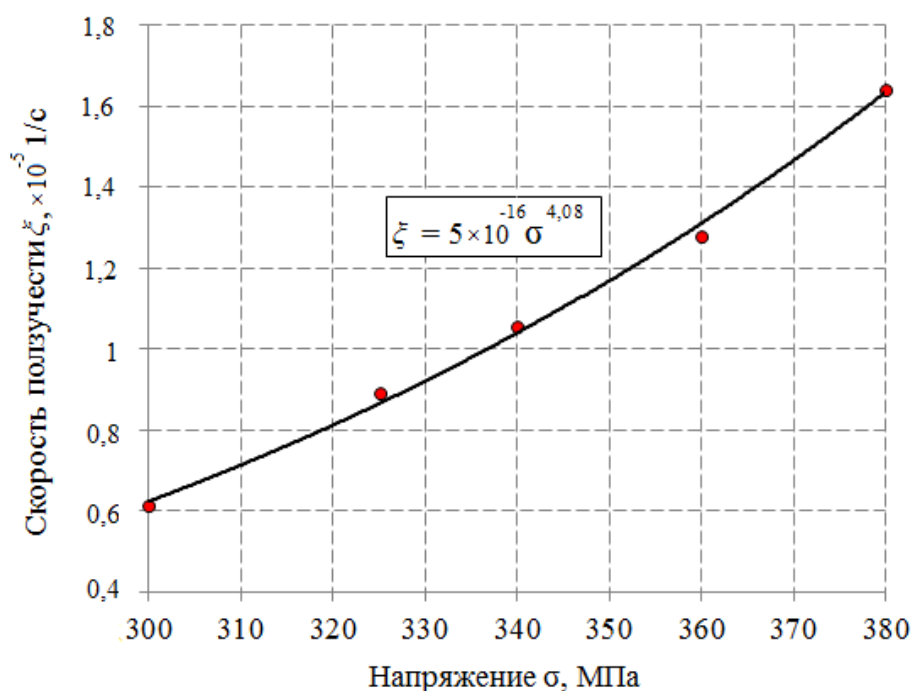


Рис. 4. – Зависимость скорости ползучести от напряжения для меди М1

На рисунке 5 представлена степенная зависимость скорости ползучести от напряжения для сплава Д16 ГОСТ 4784-97.

В численных расчетах на ползучесть используются физико-механические свойства материалов, представленные в таблице 1 и степенные законы ползучести для каждого исследуемого материала соответственно (рисунки 4, 5).

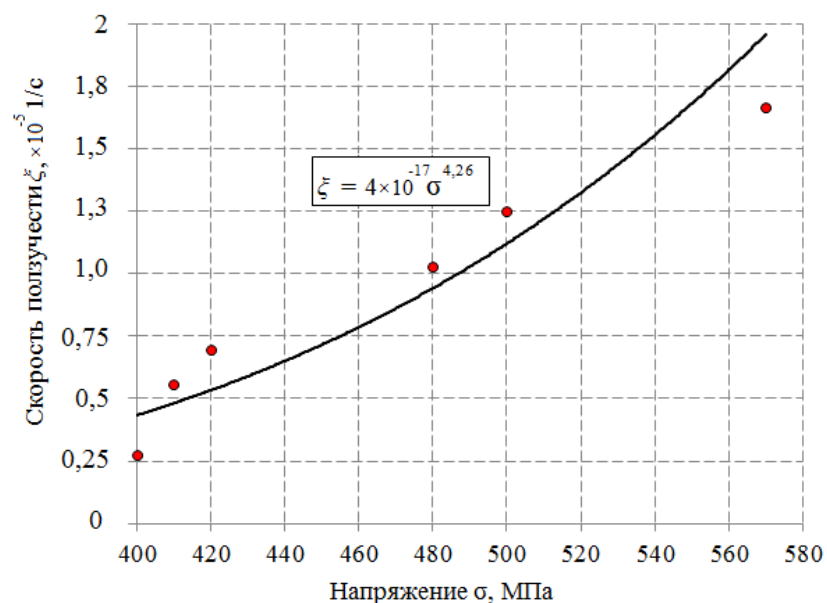


Рис. 5. – Зависимость скорости ползучести от напряжения для сплава Д16

РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ ЧИСЛЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Для определения критической нагрузки F_p проведены численные исследования образцов из инертных материалов на изгиб при комнатной температуре T_k . В расчетах в качестве критерия прочности образцов принималось достижение деформациями предельного значения, равного относительному удлинению материала в испытаниях на растяжение [5].

На рисунке 6 представлен характер распределения напряжений и деформаций в образце из меди М1 при нагружении силой F_p . Результаты приведены на момент действия нагрузки, при которой достигается предельное значение деформаций в исследуемом образце.

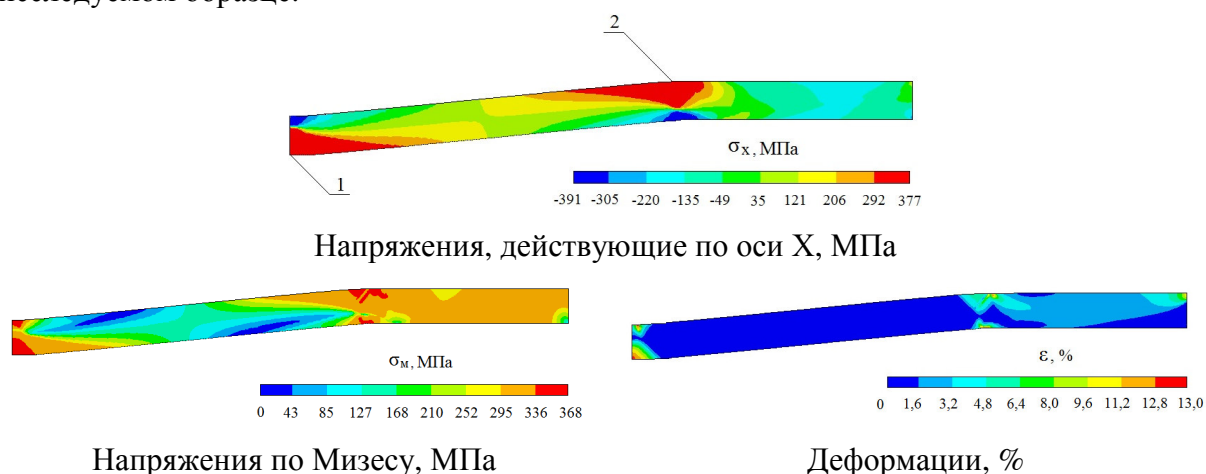


Рис. 6. – Распределения напряжений и деформаций в образце из меди М1

При нагружении образца из сплава Д16 реализуется аналогичный вид напряженно-деформированного состояния, отличие заключается в уровнях напряжений и деформаций.

В таблице 3 представлены результаты расчетов НДС для точек 1 и 2 исследуемых образцов.

Таблица 3. – Результаты численных расчетов образцов на изгиб

Параметр	Материал	Медь М1 ГОСТ 859-2001	Сплав Д16 ГОСТ 4784-97
Прогиб h , мм	точка 1	1,78	1,67
	точка 2	–	–
Деформации ε , %	точка 1	13,0	8,5
	точка 2	11,2	6,8
Максимальные напряжения, действующие по оси X σ_x , МПа	точка 1	377,0	644,0
	точка 2	351,0	587,0
Максимальные напряжения по Мизесу σ_m , МПа	точка 1	368,0	565,0
	точка 2	345,0	525,0

Как видно из рисунка 4 максимальные напряжения и деформации при нагружении образца из меди М1 локализуются на нижней поверхности образца под пуансоном и в области заделки (точки 1 и 2 соответственно).

Из анализа численных результатов представленных в таблице 3, следует, что больший уровень напряжений на 7 % и деформаций на 16 % реализуется в точке 1 по сравнению с точкой 2.

На рисунке 7 приведены графики зависимости деформаций в точке 1 исследуемых образцов от уровня приложенной нагрузки при исследованиях на изгиб.

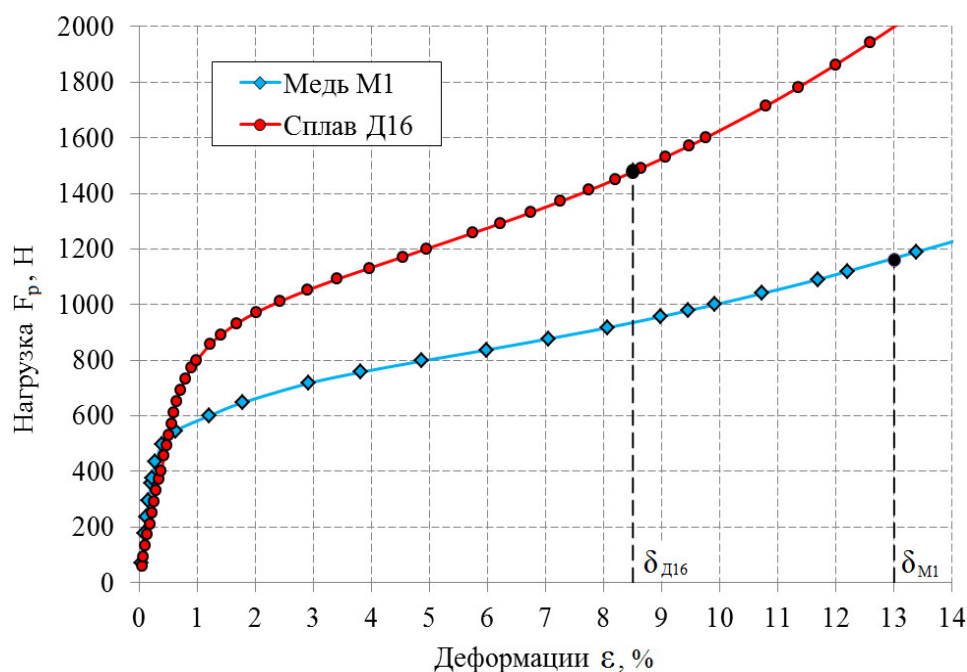


Рис. 7. – Графики зависимости деформаций от приложенной нагрузки

На рисунке 8 приведены графики зависимости реализованных прогибов исследуемых образцов в точке 1 от уровня приложенной нагрузки.

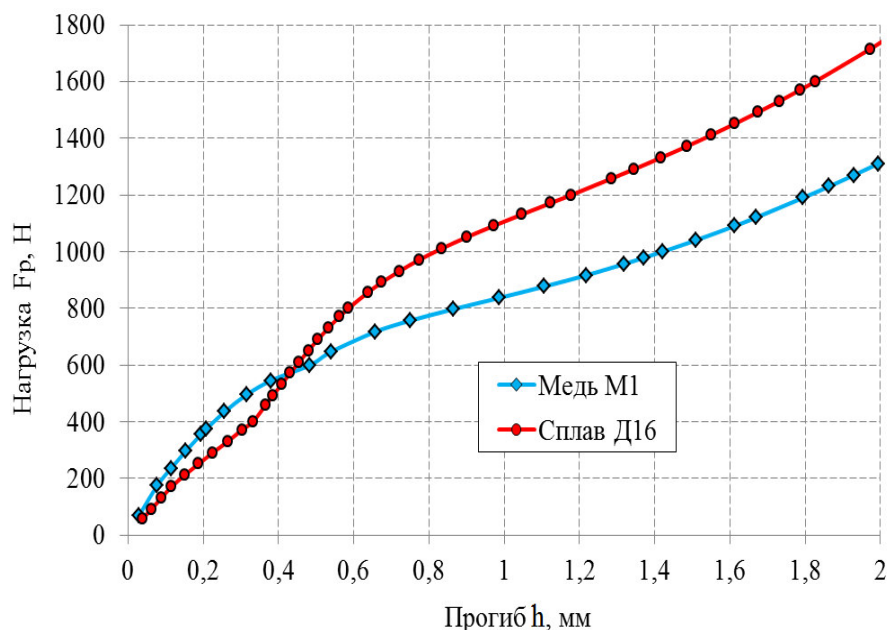


Рис. 8. – Графики зависимости прогиба образцов от приложенной нагрузки

Численные расчеты показывают, что достижение уровня предельной деформации в точке 1 в образце из меди М1 происходит при нагрузке $F_p \approx 1200$ Н, в образце из сплава Д16 $F_p \approx 1500$ Н. Проведенные численные расчеты дают предварительную оценку величин прогибов и НДС, реализующихся в исследуемых образцах во всем диапазоне изменения усилий вплоть до критических нагрузок.

Напряженно-деформированное состояние образцов при исследовании на ползучесть рассматривалось при комнатной температуре T_k и уровнях нагрузки $0,3F_p$ – $0,5F_p$ с выдержкой по времени в течение 96 часов. Расчетная схема аналогична использованной в расчете образцов из инертного материала на статический изгиб.

На рисунке 9 показаны распределения напряжений и деформаций ползучести в образце из меди М1 для уровня нагружения $0,5F_p$ (600 Н) с выдержкой в течение 96 часов при комнатной температуре.

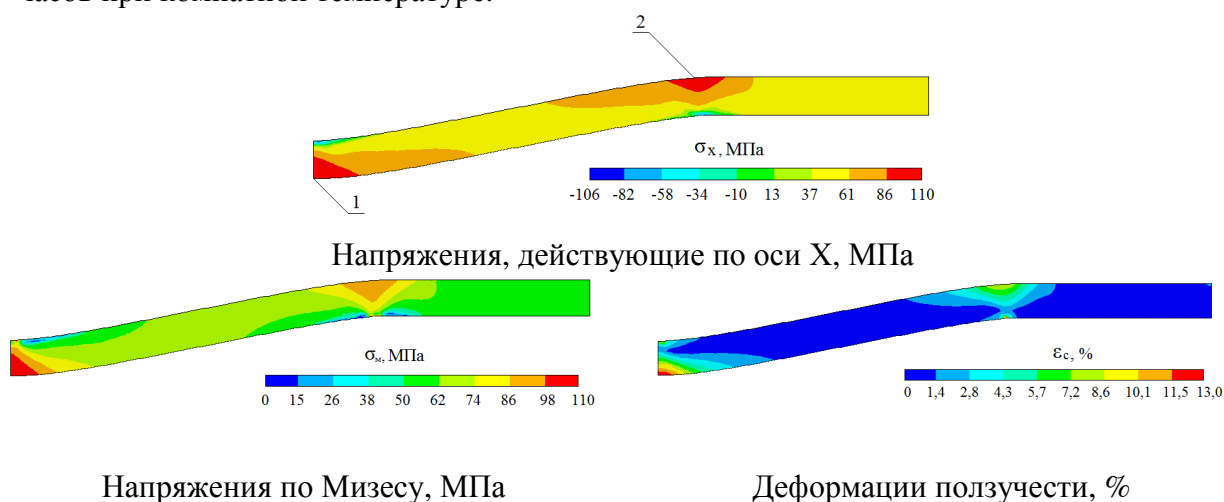


Рис. 9. – Распределения напряжений и деформаций ползучести в образце из меди М1

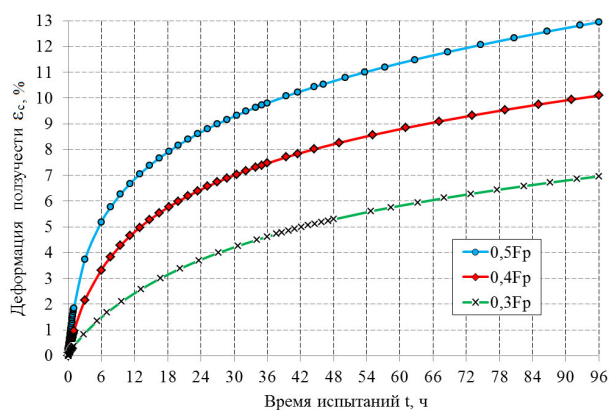
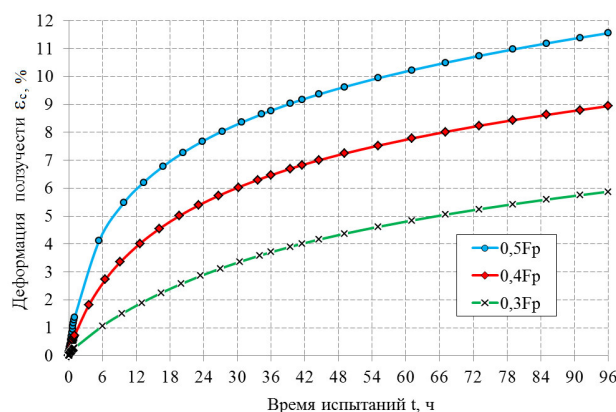
В таблице 4 представлены данные по расчетным параметрам, полученные в точках 1 и 2 образца для разных уровней нагрузки.

Таблица 4. – Результаты численных расчетов образцов на ползучесть

Параметр	Материал	Медь М1 ГОСТ 859-2001			Сплав Д16 ГОСТ 4784-97		
	Нагрузка	0,3F _p	0,4F _p	0,5F _p	0,3F _p	0,4F _p	0,5F _p
Прогиб h, мм	точка 1	2,0	2,7	3,3	1,7	2,4	2,9
	точка 2	–	–	–	–	–	–
Деформация ползучести ε_c , %	точка 1	7,0	10,0	13,0	6,0	9,0	11,5
	точка 2	5,0	6,8	8,5	4,5	6,4	7,8
Максимальные напряжения, действующие по оси X σ_x , МПа	точка 1	100	103	110	148	152	157
	точка 2	85	88	94	132	134	135
Максимальные напряжения по Мизесу σ_m , МПа	точка 1	102	105	112	150	156	171
	точка 2	88	90	100	135	136	140

Как видно из рисунка 9, максимальные напряжения и деформации ползучести в образце из меди М1 локализуются на нижней поверхности образца под пуансоном и в области заделки (точки 1 и 2 соответственно). При различных уровнях прикладываемой нагрузки (от 0,3F_p до 0,5F_p) у разных исследуемых материалов (медь М1 и сплав Д16) характер распределения напряжений и деформаций ползучести существенно не меняется, изменился только их уровень. Результаты, представленные в таблице 4, свидетельствуют, что больший уровень напряжений (на ≈ 14 %) и деформаций ползучести (на ≈ 30 %) реализуется в точке 1 по сравнению с точкой 2.

На рисунках 10, 11 приведены графики зависимости деформации ползучести, реализованной в исследуемых образцах в точке 1 (см. рисунок 9) от времени проведения испытаний при различных уровнях нагружения.

**Рис. 10.** – Деформация ползучести образца из меди М1**Рис. 11.** – Деформация ползучести образца из сплава Д16

На рисунках 12, 13 представлены графики зависимости прогибов в образцах в точке 1 (см. рисунок 9) от времени проведения испытания при различных уровнях нагружения.

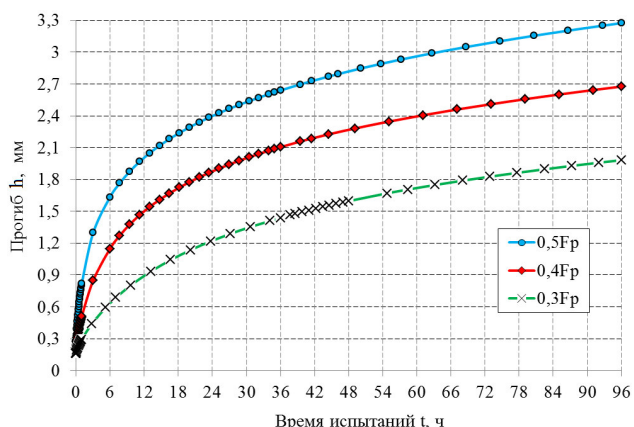


Рис. 12. – Прогибы образца из меди М1

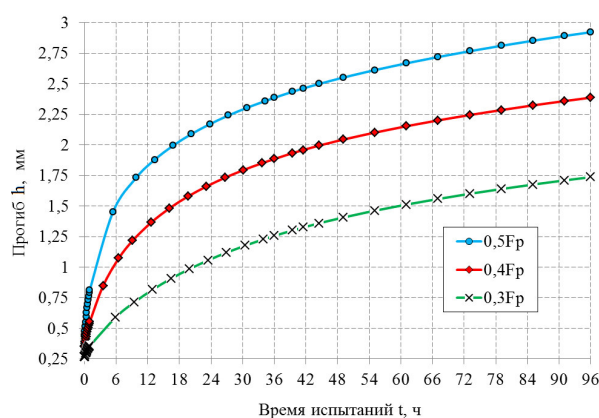


Рис. 13. – Прогибы образца из сплава Д16

Прогибы образцов из меди М1 и сплава Д16 при действующем усилии в течение 96 часов равным значению $0,3F_p$ – $0,5F_p$, составляют: для меди М1 от 2,0 до 3,3 мм, для сплава Д16 – от 1,7 до 2,9 мм соответственно. Деформации ползучести на нижней поверхности образца под пуансоном (в точке 1) не превысят 13%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Численные расчеты образцов из инертных материалов на ползучесть показали, что изменение уровня нагрузки на 20 % влияет на скорость ползучести материала. Максимальные значения напряжений и деформаций локализуются на нижней поверхности исследуемого образца под пуансоном. Вид распределения деформаций и напряжений при различных уровнях прикладываемой нагрузки (от $0,3F_p$ до $0,5F_p$) у разных исследуемых материалов (медь М1 и сплав Д16) существенно не изменяется, то есть области локализации максимальных деформаций и напряжений в исследуемых образцах не сместились, изменился только их уровень.

Проведенные численные расчеты на образцах из инертных материалов дают ожидаемые уровни нагрузок при исследованиях на ползучесть при длительном нагружении и на изгиб при кратковременном нагружении, величины перемещений, деформаций и времени проведения испытаний в экспериментах. В дальнейшем будут рассмотрены другие материалы и, в соответствии с требованиями МАГАТЭ, диапазоны эксплуатационных температур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 14019-2003. Материалы металлические. Метод испытания на изгиб [Текст]. – [Б.м.], 2003.
2. Крагельский, И.В. и др. Коэффициенты трения. Справочное пособие [Текст] / И.В. Крагельский, И.Э. Виноградова. Издание второе. – М.: «Машгиз» 1962. – 112 с.
3. Брострема, В.А. и др. Справочник металлста [Текст] / В.А. Брострема, А.Г. Рахштадта. Справочное пособие. – М.: «Машиностроение», 1976. – 720 с.
4. Савва, С.П. Ползучесть некоторых конструкционных материалов при низких температурах [Текст] // Проблемы прочности. – 1975. – №7. – С. 41–44.
5. Гольденблат, И.И. и др. Критерии прочности и пластичности конструкционных материалов [Текст] / И.И. Гольденблат, В.А. Копнов. Справочное пособие. – М.: «Машиностроение», 1968. – 192 с.

REFERENCES

- [1] GOST 14019-2003. Materialy metallicheskie. Metod ispytaniya na izgib [SS 14019-2003. Materials metal. A test method on a bend]. Bez mesta [Without place], 2003. (in Russian)

- [2] Kragelskij I.V., Vinogradova. I.E. Koefficienty treniya [Friction coefficients]. Spravochnoe posobie [Handbook]. Izdanie vtoroe [2nd Edition]. M. Pub. «Mashgiz», 1962, ISBN 978-5-458-42106-5, 112 p. (in Russian)
- [3] Brostrema V.A., Raxshtadta A.G. Spravochnik metallista [Reference book of the metalworker]. Spravochnoe posobie [Handbook]. M. Pub. «Mashinostroenie» [mechanical engineering], 1976, 720 p. (in Russian)
- [4] Savva S.P. Polzuchest nekotoryh konstrukcionnyh materialov pri nizkih temperaturah [Creep of some constructional materials at low temperatures]. Problemy prochnosti [Strength of Materials]. 1975, №7, ISSN 0556-171X, pp. 41–44. (in Russian)
- [5] Goldenblat I.I., Kopnov V.A. Kriterii prochnosti i plastichnosti konstrukcionnyx materialov [Criteria of durability and plasticity of constructional materials]. Spravochnoe posobie [Handbook]. M. Pub. «Mashinostroenie» [mechanical engineering], 1968, 192 p. (in Russian)

Creep Material Research in Operating Conditions of Special Structures

D.S. Goriushkin*, Y.S. Zyev, A.V. Staheev**

Snezhinsk Physics and Technical Institute the Branch of National Nuclear Research University MEPhI

8 Komsomolsk st., Snezhinsk city, Cheliabinsk reg., Russia 456776

**email: goruh@bk.ru, ** email: YSZuyev@mephi.ru*

Abstract – The method of the knowledge-intensive product calculation at static mechanical loading action at the indoor temperatures is offered. The carried-out numerical calculations on from inert material samples give preliminary estimates of deflection size and creep deformations in structures. Verification of the offered technique will be made on the given experiment basis on inert material samples. The authors consider the possibility of transferring results of numerical calculations in scale models.

Keywords: critical loads, inert materials, displacement, creep deformations, final and element model, experimental justification

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

УДК 004.71

**СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ РАЗВИВАЮЩИХСЯ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ**

© 2015 Ю.П. Муха*, И.Ю. Королева*, П.В. Поваров**

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

*** ОАО "Концерн Росэнергоатом", Москва, Россия*

Целью статьи является разработка теории синтеза структур развивающихся телекоммуникационных сетей для систем мониторинга состояния объектов, отличающихся высокой функциональной и структурной сложностью.

Для этого необходимо решить следующие задачи:

- определить ситуацию структурного развития телекоммуникационных сетей;
- смоделировать процесс развития структуры сложного объекта;
- определить критерии развития структуры сетей.

Наиболее целесообразными математическими методами в данном случае являются теория категорий и теория информации.

Инновационными качествами при этом отличается внедрение методов проектирования телекоммуникационных сетей для систем мониторинга технологий и безопасности энергопроизводящих объектов (например, АЭС), что обеспечивает эффективное наращивание ИТ- систем, встроенных в общие технологические структуры.

В результате исследования в данном случае синтезированы категорные уравнения развития структуры сложной сети, являющейся альтернативой создания дополнительной сети, не уступающей функционально этой сети.

Ключевые слова: телекоммуникационные подсистемы передачи данных, сложные системы сбора и переработки информации, категорная модель, АЭС.

Поступила в редакцию 28.11.2015 г.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В [1, 2, 3, 4, 5] были изложены особенности и метод проектирования развивающейся структуры сложных систем мониторинга состояния объектов, отличающихся также высокой функциональной и структурной сложностью.

При этом развитием системы S называем процесс присоединения к исходной структуре $S_{исх}$ новых структурных компонентов, отражающих аппаратные или алгоритмические дополнения к исходному аппаратному или алгоритмическому составу, вызванные модификацией исходной системной функции $S_{исх}$ с целью выполнения новых задач или сохранения условия стазиса $S_{исх} \equiv Const$. Нарушения условий стазиса ($S_{исх} \neq Const$) адекватны диссипативным процессам. В этом случае необходимо осуществлять аппаратно-алгоритмические дополнения $S_{исх}$ с целью компенсации процесса диссипации, что вызывает локальное развитие $S_{исх}$. Глобальное развитие $S_{исх}$ связано только с модификацией исходной системы. Именно так различаются глобальное и локальное развитие исходной системы.

Таким образом, особенности *метода проектирования* состоят в следующем:

- 1) Внешняя (общая) задача формулируется с помощью концепции развития компонентов системы.
- 2) Начальный уровень проектирования определяется существующей моделью объекта нижнего уровня, обладающего признаком неделимости [6].
- 3) Общая концепция проектирования формирует задачу развития.
- 4) Система от нижнего уровня переходит к более высокому уровню, определяемому условиями устойчивости по алгоритму развития [2,3].

В качестве объекта, соответствующего понятию сложной системы, который мы используем, целесообразно использовать энергетический атомный «Концерн». Граф информационной структуры «Концерна» может быть представлен следующим образом:

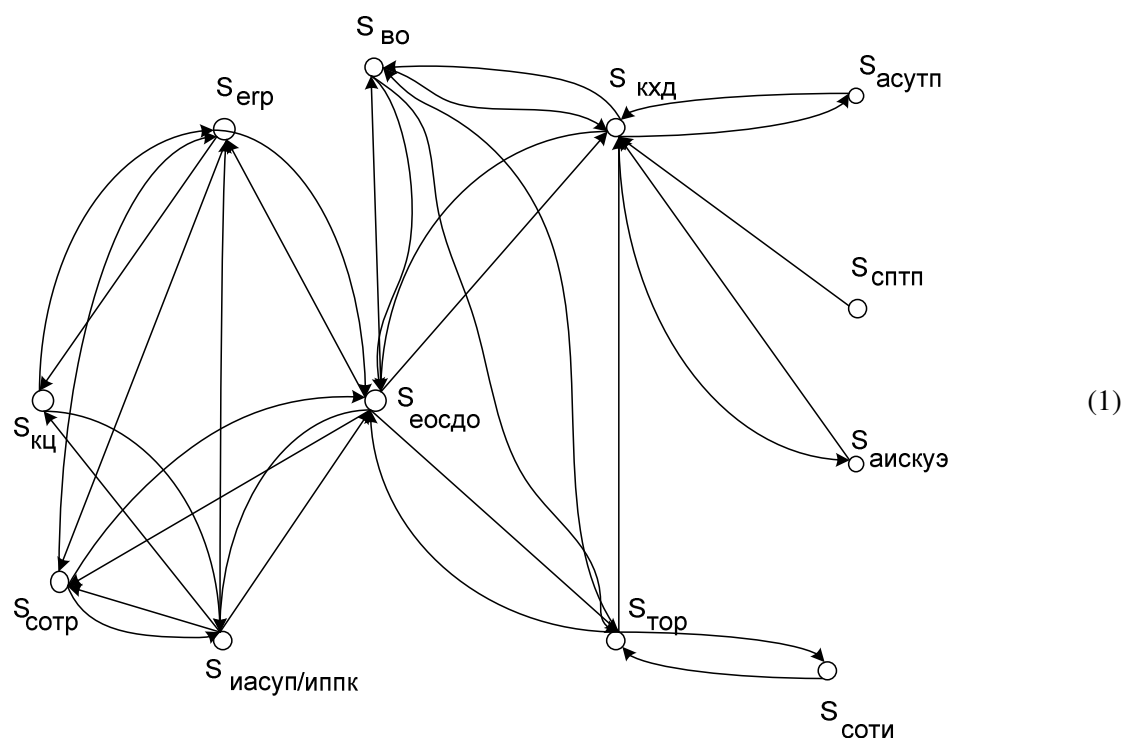


Рис. 1. – Граф информационной структуры энергетического атомного «Концерна»

Здесь приняты следующие обозначения:

S_{ERP} – (ERP – enterprise resource planning) транзакционная система управления предприятием на платформе SAP ERP (его финансово-экономическими ресурсами);

$S_{КХД}$ – корпоративное хранилище данных на платформе SAP (позволяет автоматизировать сбор и хранение обобщенных данных – прежде всего, для оперативного формирования направления отчетов. Например, в налоговую инспекцию, в Минэнерго и т.п.);

$S_{ЕОСДО/АСУТД}$ – единая отраслевая система документооборота (организационно-распорядительная документация, уровень ГК) и автоматизированная система управления технической документацией (нормативная, проектная, рабочая документация, уровень концерна). Обе систем реализованы на платформе ЕМС Documentum и дополняют друг друга;

$S_{ИАСУП/ИППК}$ – информационно-аналитическая система управления персоналом (уровень ГК) и информационная система поддержки повышения квалификации

(внедрена в концерне и дополняет функционал ИАСУП специфическими для АЭС и концерна задачами. Обе системы внедрены на платформе SAP HCM (human capital management);

$S_{\text{ТОиР}}$ – система управления техобслуживанием и ремонтом. В качестве платформы в настоящий момент выбрана IBM Maximo. Проект пока не реализован;

$S_{\text{АСУТП}}$ – автоматизированная система управления технологическими процессами;

$S_{\text{АИСКУЭ}}$ – автоматизированная система коммерческого учета энергии;

$S_{\text{СПТП}}$ – система представления технологических параметров;

$S_{\text{СРМ}}$ – система управления поставщиками, реализована в отрасли и в концерне на платформе SAP SRM (supplier resource management);

$S_{\text{ОДК}}$ – оперативно-диспетчерский комплекс, разрабатывается концерном в настоящее время;

$S_{\text{УОЭ}}$ – учет опыта эксплуатации – планируется к внедрению в концерне;

$S_{\text{ИСПЭ}}$ – информационная система поддержки эксплуатации, разрабатывается в настоящее время;

$S_{\text{ВО}}$ – внешние организации;

$S_{\text{СОТР}}$ – сотрудники концерна;

$S_{\text{КЦ}}$ – управление концерном.

Приведенный пример объекта свидетельствует об очень большом информационном разнообразии информационных потоков, существующих на одной структуре. При этом, как уже отмечено выше, происходит постоянное наращивание инструментальных и программных средств реализации процесса развития объекта.

Таким образом, *актуальность* разработки методики синтеза структуры развивающихся телекоммуникационных сетей состоит в оптимальном наращивании телекоммуникационной составляющей в сложной системе при условии сохранения стабильности функционирования в нелинейных условиях, что адекватно определению системного аттрактора.

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РАЗВИТИЯ СТРУКТУРЫ СЛОЖНОГО ОБЪЕКТА

Граф информационной структуры «Концерна» (1) иллюстрирует существование информационных потоков между разнообразными подсистемами и позволяет выделить функциональные компоненты в системе «Концерна» и телекоммуникационные компоненты.

Как уже было нами отмечено, система является принципиально нелинейной и её состояние стазиса моделируется аттрактором вида:

$$\begin{cases} i_{\text{ТКИС}} : REZ_{\text{КИТС}} \subset MB_{\text{ТКИС}}; \\ r_{\text{КИТС}} : MB_{\text{ТКИС}} \rightarrow REZ_{\text{КИТС}}. \end{cases} \quad (2)$$

Здесь $i_{\text{ТКИС}}$ – отображение управления комплексом, исходя из критериев (внешних) эффективности, а $r_{\text{КИТС}}$ – отображение мониторинга деятельности технологических уровней «Концерна» при реализации управления в соответствии с $REZ_{\text{КИТС}}$. При этом условием стазиса деятельности «Концерна» представляется уравнением нелинейно-динамического аттрактора вида [7]:

$$r_{\text{КИТС}} i_{\text{ТКИС}} = 1. \quad (3)$$

Кроме того, $REZ_{\text{КИТС}}$ – комплекс ИТ – показателей системы (КИТС) оптимальных взаимодействий с внешними организациями; $MB_{\text{ТКИС}}$ – комплекс показателей технических и контрольно-измерительных систем (ТКИС).

Исходя теперь из графа (1) и учитывая уравнение (2), можно написать теоретико-множественное уравнение системы:

$$S_R = S_{\text{КИТС}} \cup S_{\text{ТКИС}} \cup S_{\text{ТКП}}, \quad (4)$$

где S_R – модель управления концерном $S_{\text{КЦ}} : (S_R \approx S_{\text{КЦ}})$;

$S_{\text{КИТС}}$ – модель структуры взаимодействий с внешними организациями;

$S_{\text{ТКИС}}$ – модель структуры взаимодействий с техническими и контрольно – измерительными системами;

$S_{\text{ТКП}}$ – модель структуры телекоммуникационной подсистемы (ТКП).

Для моделирования структур телекоммуникационных отображений, существующих в системе (4), запишем теоретико-множественные уравнения $S_{\text{КИТС}}$ и $S_{\text{ТКИС}}$ на основании графа (1):

$$\begin{cases} S_{\text{КИТС}} = S_{\text{ERP}} \cup S_{\text{ИАСУП/ИППИК}} \cup S_{\text{ЕОСДО}} \cup S_{\text{КХД}} \cup S_{\text{ТОИР}}; \\ S_{\text{ТКИС}} = S_{\text{АСУТП}} \cup S_{\text{СПТП}} \cup S_{\text{АИСКУЭ}} \cup S_{\text{СОТИАССО}}. \end{cases} \quad (5)$$

На основании (5) и графа (1) представим теоретико-множественное уравнение телекоммуникационных отображений:

$$\begin{aligned} S_{\text{ТКП}} = & Str(S_{\text{ИАСУП}}, S_{\text{ERP}}) \cup Str(S_{\text{ERP}}, S_{\text{ЕОСДО}}) \cup Str(S_{\text{ЕОСДО}}, S_{\text{ТОИР}}) \cup \\ & \cup Str(S_{\text{КХД}}, S_{\text{АСУТП}}) \cup Str(S_{\text{КХД}}, S_{\text{АИСКУЭ}}) \cup Str(S_{\text{КЦ}}, S_{\text{ИАСП/ИППИК}}) \cup \\ & \cup Str(S_{\text{ВО}}, S_{\text{КХД}}) \cup Str(S_{\text{ВО}}, S_{\text{ЕОСДО}}) \cup Str(S_{\text{ВО}}, S_{\text{ТОИР}}) \cup Str(S_{\text{СОТР}}, S_{\text{ERP}}) \cup \\ & \cup Str(S_{\text{СОТР}}, S_{\text{ЕОСДО}}) \cup Str(S_{\text{СОТР}}, S_{\text{ИАСУП/ИППИК}}). \end{aligned} \quad (6)$$

Изменения состава $S_{\text{ТКП}}$ вызываются либо изменением состава компонентов S_R , то есть $S_{\text{КИТС}}$ или $S_{\text{ТКИС}}$, либо изменением характера уже имеющихся отображений в соответствии с уравнением (6). Эти изменения могут быть инициированы в связи с необходимостью автоматизации рутинных операций и являются внутренними причинами развития структур $S_{\text{ERP}}, S_{\text{ИАСУП/ИППИК}}, S_{\text{ЕОСДО}}$, а также в связи с оптимизацией взаимодействий с внешними организациями, что является внешней причиной развития структур $S_{\text{КХД}}, S_{\text{ТОИР}}, S_{\text{ЕОСДО}}$. Таким образом, изменения модели $S_{\text{ТКП}}$ можно записать следующим образом:

$$\Delta S_{\text{ТКП}} = \Delta S_{\text{ТКПМ}} \cup \Delta S_{\text{ТКП}} (\Delta_{\text{НФ}} S_{\text{ТКП}}), \quad (7)$$

где $\Delta S_{\text{ТКПМ}}$ – изменение структуры $S_{\text{ТКП}}$ в соответствии с модификацией начальных функций (НФ) системы S_R по критерию автоматизации рутинных операций;

$\Delta S_{\text{ТКП}}(\Delta_{\text{НФ}} S_{\text{ТКП}})$ – изменение структуры $S_{\text{ТКП}}$ в соответствии с критерием оптимизации взаимодействий с внешними организациями.

В соответствии с уравнением (7) изменения $\Delta S_{\text{ТКПМ}}$ и $\Delta S_{\text{ТКП}}(\Delta_{\text{НФ}} S_{\text{ТКП}})$ можно представить так:

1) *модификация телекоммуникационной подсистемы по критерию автоматизации рутинных операций:*

$$\left. \begin{aligned} \Delta S_{\text{ТПКМ}i} &= Str_{opt} \left[(S_{\text{СОТР}}, S_{\text{ЕРР}}) \underline{\underline{\Delta}} \Delta_{\text{СОТР}i}(S_{\text{ЕРР}}) \right] \\ \Delta S_{\text{ТПКМ}i} &= Str_{opt} \left[(S_{\text{СОТР}}, S_{\text{ИАСУП/ИППИК}}) \underline{\underline{\Delta}} \Delta_{\text{СОТР}i}(S_{\text{ИАСУП/ИППИК}}) \right] \\ \Delta S_{\text{ТПКМ}i} &= Str_{opt} \left[(S_{\text{СОТР}}, S_{\text{ЕОСДО}}) \underline{\underline{\Delta}} \Delta_{\text{СОТР}i}(S_{\text{ЕОСДО}}) \right] \end{aligned} \right\}. \quad (8)$$

2) *модификация телекоммуникационной подсистемы по критерию оптимизации взаимодействий с внешними организациями:*

$$\left. \begin{aligned} \Delta S_{\text{ТКП}i}(\Delta_{\text{НФ}} S_{\text{ТКП}}) &= Str_{opt} \left[(S_{\text{ВО}}, S_{\text{ЕРР}}) \underline{\underline{\Delta}} \Delta_{\text{НФТКП}i}^{\text{ВО}}(S_{\text{ЕРР}}) \right] \\ \Delta S_{\text{ТКП}i}(\Delta_{\text{НФ}} S_{\text{ТКП}}) &= Str_{opt} \left[(S_{\text{ВО}}, S_{\text{ИАСУП/ИППИК}}) \underline{\underline{\Delta}} \Delta_{\text{НФТКП}i}^{\text{ВО}}(S_{\text{ИАСУП/ИППИК}}) \right] \\ \Delta S_{\text{ТКП}i}(\Delta_{\text{НФ}} S_{\text{ТКП}}) &= Str_{opt} \left[(S_{\text{ВО}}, S_{\text{ТОИР}}) \underline{\underline{\Delta}} \Delta_{\text{НФТКП}i}^{\text{ВО}}(S_{\text{ТОИР}}) \right] \end{aligned} \right\}. \quad (9)$$

Здесь использованы следующие дополнительные обозначения:

$\underline{\underline{\Delta}}$ – операция структурного присоединения [8].

Таким образом, синтез структуры $S_{\text{ТКП}}$ состоит в организации процедуры совокупности операций присоединения $\underline{\underline{\Delta}}$ в соответствии с выражениями (8) (9) на основе некоторых критериев развития.

Кроме этого следует учесть, что:

- 1) Структуру сложной системы (например, АИСКУЭ АЭС) можно развивать при появлении новых технологических (например, энергетических) объектов на основе теории развития.
- 2) Структуру объекта можно развивать с целью встраивания в сложную систему (например, АИСКУЭ АЭС).
- 3) Технологический объект должен находиться в состоянии стазиса в рамках реализуемых технологических процессов. Средства поддержания стазиса объекта – средства измерения и средства управления (регулирования) должны поддерживать собственные параметры или «наращивать», развивать собственные возможности.
Объекты – сложные и малодоступные или вообще недоступные.
- 4) Определение процесса развития, исходя из концепции, чисто техническое понятие, адекватное модификации системы в соответствии с условиями роста методических функций объекта при постоянстве инструментального компонента, что должно быть связано с изменениями алгоритмического и программного обеспечения, используемого в измерительных и управляющих подсистемах.
- 5) Измерительная подсистема оценивается с помощью метрологического анализа,

т.е. путем определения величин погрешностей измерений. Поэтому неэффективное развитие ведет к росту значений погрешностей: алгоритмически неэффективное развитие приводит к появлению дополнительных вычислительных погрешностей из-за роста вычислительной сложности; структурная неэффективность приводит к росту погрешностей вычислений из-за паразитных ветвей – гамаков; информационная неэффективность приводит к появлению дополнительных погрешностей из-за дезорганизации файловых структур при стыковках каналов передачи информации. Эти особенности следует учитывать, так как именно технологическая информация лежит в основе всех массивов информации, используемых при функционировании любого компонента объекта (см. например, граф (1)).

Итак, сложная система состоит из разнообразных *сложных* подсистем: функциональной (вычислительной, управляющей, измерительной и др.) и телекоммуникационной (связной). Развитие, как и проектирование, таких систем может происходить только при синхронном (одновременном) развитии всех подсистем.

Основой выбора критериев развития системы через развитие её структуры является представление о сохранении динамического стазиса. Сохранение (поддержание) динамического стазиса связано с временным процессом и энергией, затрачиваемой на стабилизацию этого процесса. Значит, одним из критериев должен стать информационный критерий. Известно, что динамические свойства системы (и стабильность тоже) во многом определяются структурой системы. Поэтому другим критерием должен стать структурный критерий. Информационные процессы, развивающиеся в рамках некоторой структуры, напрямую связаны с реализуемыми в данном случае алгоритмами. Значит, еще одним критерием должен стать алгоритмический критерий.

В данном случае целесообразно привлечь критерии развития, описанные в [3]. Рассмотрим определения этих критериев.

Определение 1. Алгоритмическая устойчивость (А-устойчивость) это неизменность реализуемой системной функции SF :

$$A_c \Rightarrow \Delta SF = 0$$

Примечание: $A_c \Rightarrow A_{const}$ – оператор алгоритмической устойчивости, ΔSF – оператор вариации системной функции.

Формализм алгоритмической устойчивости состоит в том, что вектор-семейство $\overline{SF}$ рассматривается относительно номинальных и текущих условий $\overline{SF}_0 \equiv \overline{SF}_t$. Это справедливо в соответствии с определением симметрии меры $in(x_1, x_2) = in(x_2, x_1)$. В данном случае мера понимается как инструмент определения расстояния между векторами – семействами номинальных системных функций $\overline{SF}_t$. При этом, если $x_1 \equiv \overline{SF}_t$; $x_2 \equiv \overline{SF}_t$, то симметрия меры означает устойчивое развитие, а $in(x_1, x_2) \equiv 0$ означает тождественное состояние системных функций в процессе развития. Учитывая структурную реализацию системной функции, можно отметить, что когда $in(x_1, x_2) \neq 0$, а $S_0(SF_0) \equiv S_t(SF_t)$, система развивается по деградационному сценарию.

Здесь $S(SF)$ – это структура системы, реализующая системную функцию SF . Когда $in(x_1, x_2) = in(x_2, x_1)$, а $S_0(SF_0) \neq S_t(SF_t)$, то система развивается по модификационному сценарию.

Так как SF_0 – системная функция, которая по определению отличается высокой алгоритмической сложностью и соответствует сложности самой системы, то между структурой S и системной функцией SF существует соответствие (отношение) распределения: блочно-функционального, то есть семейств функций $\overline{SF}$ распределено

по множеству S структурных компонентов $S \in S$: блоков или модулей.

Определение 2. Структурная устойчивость (С-устойчивость) – это неизменность определения элементов (блоков, модулей), несущих некоторые функции, и связей между ними.

Определение 3. Информационная устойчивость (I-устойчивость) – это неизменность:

- пакетов упаковки, то есть кодов интерфейсов связи между компонентами системы и внешних входов-выходов;
- критериальных соотношений симметрии и треугольника во всех режимах реализации технологических процессов системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, показано, что задача развития сложной системы является альтернативой создания новой системы в изменившихся внешних условиях. Ее успешное решение зависит, в том числе, от эффективного наращивания подсистемы информации – телекоммуникационной подсистемы. С этой целью представлена модель процесса развития $Str_{\text{ТКП}}$ и приведены критерии такого развития, которые создают основу для разработки инженерных методик развития $S_{\text{ТКП}}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поваров, П.В. Программно-технический комплекс с развивающейся структурой мониторинга состояния безопасности АЭС [Текст] / П.В. Поваров : автореф. дисс. канд. техн. наук. – М, 2011. – 16 с.
2. Муха, Ю.П. и др. Метод проектирования развивающейся структуры сложной системы мониторингирования [Текст] / Ю.П. Муха, П.В. Поваров // Известия ВолгГТУ. Серия «Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь». – 2011. – №6(79). – С. 69–75.
3. Муха, Ю.П. и др. Критерии оптимизации развивающихся систем мониторинга [Текст] / Ю.П. Муха, П.В. Поваров // Известия ВолгГТУ. Серия «Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь». – 2011. – №6(79). – С. 56–61.
4. Mukha Yu.P., Koroleva I.Yu., Korolev A.D. Interfaces for telemedicine data transmission networks // Telecommunications and Radio Engineering. – 2013. – Vol. 72. – Issue 12. – pp. 1129–1134.
5. Panykh O.S. Digital imaging and communications in medicine (DICOM): A practical introduction and survival // Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012.
6. Титов, В.К. Неделимые сети и графы [Текст] / В.К. Титов // Кибернетику – на службу коммунизму: сб.ст. – 1967. – Т.4. – С. 18–26.
7. Анищенко, В.С. и др. Лекции по нелинейной динамике: уч. пособие для вузов [Текст] / В.С. Анищенко, Т.Е. Вадивасова – М.: Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2011. – 516 с.
8. Муха, Ю.П. и др. Алгебраическая теория синтеза сложных систем: монография [Текст] / Ю.П. Муха, О.А. Авдеюк, И.Ю. Королева. – Волгоград: ВолгГТУ, 2003. – 320 с.

REFERENCES

- [1] Povarov P.V. Programmno-texnicheskij kompleks s razvivayushhejsya strukturoj monitoringa sostoyaniya bezopasnosti AES [Software and hardware complex with the developing structure of monitoring of the NPP security status]. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata texnicheskix nauk [PhD thesis abstract in Technical Sciences]. M. 2011, 16 p. (in Russian)
- [2] Mukha Yu.P., Povarov P.V. Metod proektirovaniya razvivayushhejsya struktury slozhnoj sistemy monitorirovaniya [Method of developing structure design of difficult monitoring system]. Izvestiya VolgGTU [News of VolgSTU]. Seriya «Elektronika, izmeritelnaya texnika, radiotexnika i svyaz» ["Electronics, Measuring Equipment, Radio Engineering and Communication" series], 2011, №6(79), ISSN 1990-5297, pp. 69-75. (in Russian)

- [3] Mukha Yu.P., Povarov P.V. Kriterii optimizacii razvivayushhixsya sistem monitoringa. Izvestiya VolgGTU [Optimization criteria of monitoring developing systems. News of VolgSTU]. Seriya «Elektronika, izmeritelnaya texnika, radiotexnika i svyaz» ["Electronics, Measuring Equipment, Radio Engineering and Communication" series], 2011, №6(79), ISSN 1990-5297, pp. 56-61. (in Russian)
- [4] Mukha Yu.P. Koroleva I.Yu., Korolev A.D. Interfaces for telemedicine data transmission networks. Telecommunications and Radio Engineering, 2013, Vol. 72, Issue 12, ISSN 0040-2508, DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v72.i12.100, pp. 1129-1134. (in English)
- [5] Panykh O.S. Digital imaging and communications in medicine (DICOM): A practical introduction and survival. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012. ISBN 978-3-642-10850-1 (in English)
- [6] Titov V.K. Nedelimye seti i grafy. Kibernetiku – na sluzhbu kommunizmu [Indivisible networks and columns. Cybernetics is on service to communism]: sb. St [collection of articles]. 1967, T.4, pp.18-26. (in Russian)
- [7] Anishhenko V.S. Vadivasova T.E. Lekcii po nelinejnoj dinamike: uch. posobie dlya vuzov [Lectures on nonlinear dynamics: manual for higher education institutions]. M.-Izhevsk. Pub. NITZ «Regulyarnaya i xoticheskaya dinamika» [Research Center «Regular and chaotic dynamics»], 2011, ISBN 978-5-93972-920-8, 516 p. (in Russian)
- [8] Mukha Yu.P., Avdeyuk O.A., Koroleva I.Yu. Algebraicheskaya teoriya sinteza slozhnyh sistem: monografiya [Algebraic theory of synthesis of difficult systems: monograph]. Volgograd, Pub. VolgGTU [VolgSTU], 2003, ISBN 5-230-04109-9, 320 p. (in Russian)

Developing Telecommunications Networks Structure Synthesis

Y.P. Mukha^{*1}, I.Y. Koroleva^{*2}, P.V. Povarov^{3}**

^{*} *Volgograd State Technical University,*

28 Lenin St., Volgograd, Volgograd region, Russia 400005

^{**} *JSC Rosenergoatom Concern, 25, P'erganskaja St., Moscow, Russia 109507*

¹ *e-mail: muxaup@mail.ru ;* ² *artmd64@rambler.ru ;* ³ *e-mail: povarov-pv@rosenergoatom.ru*

Abstract – The aim of the article is to develop a theory of developing telecommunication networks structures synthesis for monitoring the status of objects that are highly functional and structural complexity.

It is necessary to solve the following tasks:

- to determine the situation of the telecommunication networks structural development;
- to model the complex object structure;
- to define the criteria for the network structures development.

The most appropriate mathematical methods in this case are the category theory and the theory of information.

Thus introduction of telecommunication networks design methods for technology monitoring systems and power making objects safety differs in innovative qualities (for example the NPP) that provides effective increasing of the IT systems which are built in the general technological structures.

As a result of research in this case the categorical equations of difficult network structure development which is alternative to the additional network creation that isn't conceding functionally are synthesized.

Keywords: telecommunications data transmission subsystem, collecting and processing information complex system, categorical model, NPP.

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

УДК 62-529

**КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ТОРЦА
ЭЛЕКТРОДА В КОМПЬЮТЕРНОМ ТРЕНАЖЁРЕ**

© 2015 В.А. Толстов, В.В. Кривин, И.О. Ишигов, Н.А. Кравцова

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

Задача анализа траектории перемещения торца электрода вдоль разделки не решается тривиальной, но её можно свести к распознаванию образов. Поэтому предлагается методика применения нейронной сети в компьютерном тренажере сварщика для идентификации характеристик этой траектории. Впервые для решения этой задачи была использована совместная работа нейронной сети типа персептрон и карта самоорганизации Кохонена. Разрабатываемая методика создает предпосылки для создания автоматической системы оценки моторных навыков сварщика в процессе обучения.

Ключевые слова: сварка, тренажер, нейронная сеть, карта самоорганизации.

Поступила в редакцию 20.10.2015 г.

Известно, что для правильного формирования сварного шва необходимо осуществлять электродом не только движения вдоль кромок свариваемых деталей, но и в поперечном направлении. Совокупность продольных и поперечных перемещений может порождать сложные траектории [1]. За счет манипуляций движением торца электрода вдоль разделки, сварщики управляют тепловыми процессами в сварочной ванне, околошовной зоне и процессом переноса электродного металла [2]. Поэтому при обучении навыкам ручной дуговой сварки необходимо уделять внимание моторным навыкам движения по заданной траектории. Обучение на реальном процессе затрудняет оценку траектории движения торца электрода инструктором. Реализовать данную возможность можно в компьютерном тренажёре для обучения навыкам сварки [3]. В этом тренажере с помощью бесконтактного устройства координатного слежения (УКС) ведется контроль и фиксация координат торца электрода в процессе виртуальной сварки. Полученная от УКС информация создает предпосылки для получения количественных характеристик моторных навыков обучаемого.

Для автоматического распознавания характерных фрагментов траектории была применена искусственная нейронная сеть типа персептрон [4]. На примере траектории «зигзаг» рассматривалось распознавание фрагментов, разбитых экспертом на следующие классы:

- а) поворот на правом краю разделки («ППК»);
- б) движение от правого края к левому («ДПЛ»);
- в) поворот на левом краю разделки («ПЛК»);
- г) движение от левого края к правому («ДЛП»).

Тест обученной сети показал следующие результаты. Сеть безошибочно распознала примеры из учебного множества, но с обобщением полученных знаний на примеры тестового множества возникли проблемы. Доли фрагментов траектории, отнесённых сетью к каждому из целевых классов не по ошибке, составляют: ДЛП –

100%, ДПЛ – 100%, ППК – 50%, ПЛК – 16%.

Таким образом, сеть ненадёжно распознаёт повороты на краях разделки. Одной из возможных причин является ограниченный набор целевых классов. В случае простой траектории «зигзаг», в которой отсутствуют пересечения и обратные перемещения, человеку-эксперту сложно определить большое количество классов, на которые можно её разбить. Поэтому воспользуемся картой самоорганизации для статистического разделения фрагментов на кластеры [5]. Карты самоорганизации были предложены Т.Кохоненом.

Для формирования учебного множества для карты самоорганизации возьмём ту же самую траекторию, которая использовалась при обучении персептрона. Разбиение на фрагменты было выполнено в пакете Matlab, там же проведём моделирование работы карт. В данном случае сеть не получает никакой информации, к какому из целевых классов принадлежит каждый фрагмент.

Количество входов карты определяется решаемой задачей. В предыдущем исследовании каждый фрагмент траектории был представлен 36-ю числами. Поэтому в карте будет 36 входов. На рисунке 1 для примера представлена карта размерностью 8х8 нейронов.

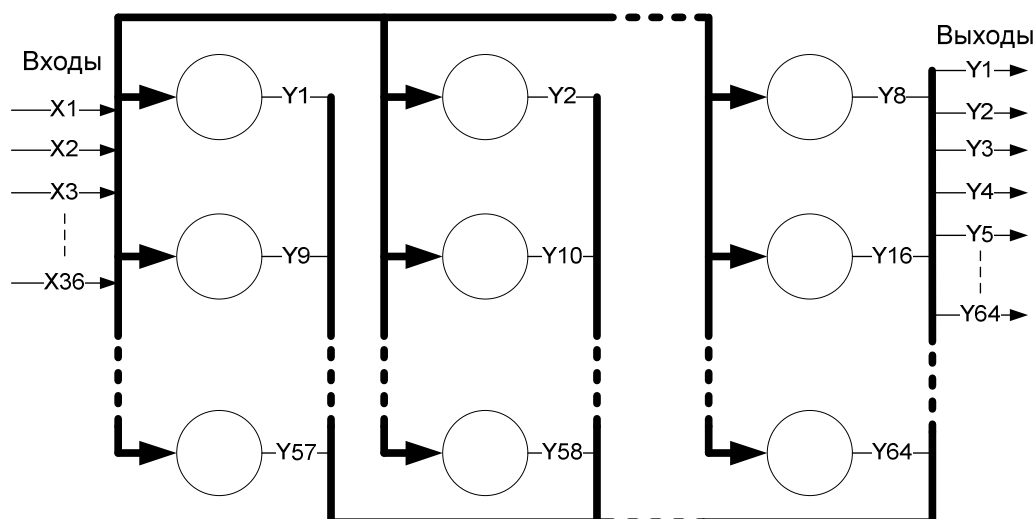


Рис. 1. – Строение карты самоорганизации

Наиболее подходящее количество нейронов в карте самоорганизации определяется экспериментально. Для этого на одном учебном множестве обучают семейство карт, из которого затем выбирают оптимальную карту.

В случае карт самоорганизации простейшим критерием выбора оптимальной карты может быть количество выделенных ею кластеров. Но большое их количество будет трудно интерпретировать эксперту. Поэтому принято решение обучать с каждой картой персептрон. Персептрон обучается на примерах – парах значений (X , Y), где X – вектор входных сигналов (текущее значение координат торца электрода относительно разделки), Y – вектор выходных сигналов (позиционный код целевого образца ДЛП – 0001, ДПЛ – 0010, ППК – 0100, ПЛК – 1000). На рисунке 2 представлена схема обучения двух сетей. В типовой схеме обучения с учителем, используемой для персептрона, обведенный пунктиром блок соответствует «учителю» – средству, управляющему обучением по принципу «правильно – неправильно» [6].

Критерием выбора нейрона-победителя является евклидово расстояние между вектором входных сигналов x и вектором весовых коэффициентов w :

$$d = \sqrt{\sum_i (x(i) - w(i))^2}.$$

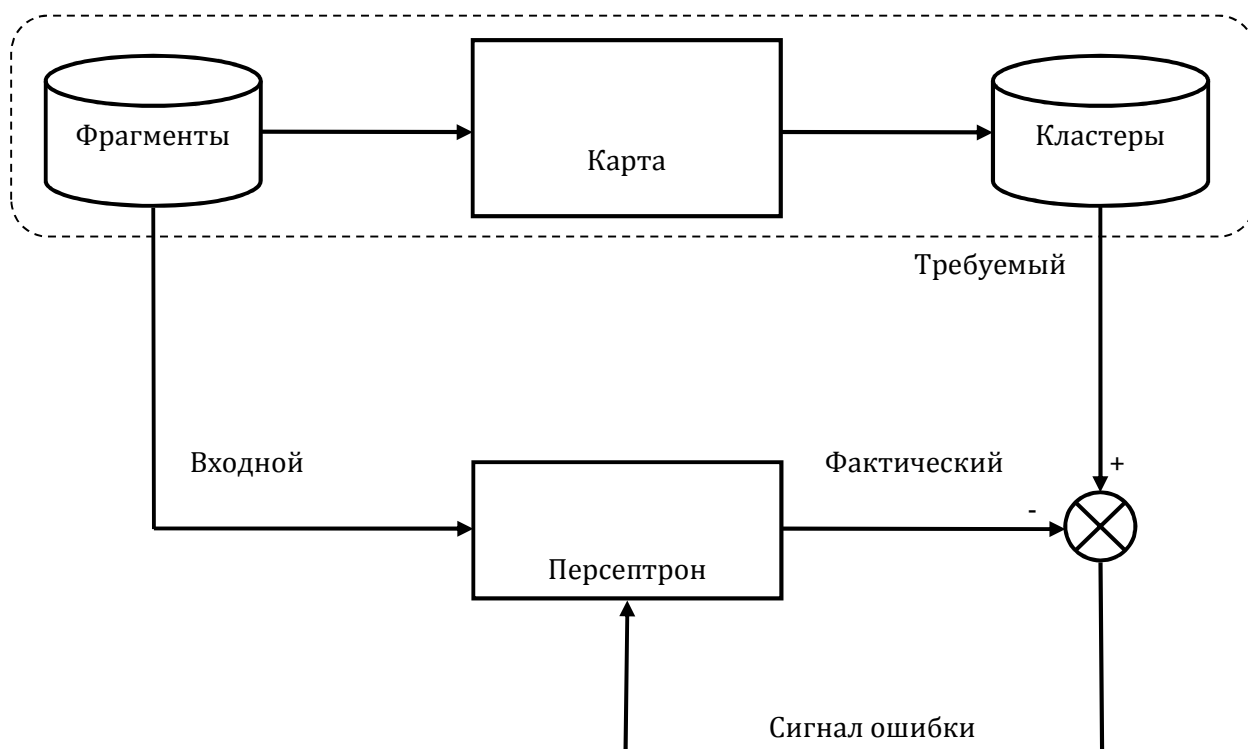


Рис. 2. – Схема обучения двух сетей

В момент создания карты весовые коэффициенты всех нейронов устанавливаются случайным образом. На каждом шаге обучения карты выполняются следующие действия:

1) Конкуренция. Количество входов каждого нейрона равно количеству входов сети – все сигналы поступают на все нейроны параллельно. Нейроны конкурируют между собой за право быть активированными. Нейроном-победителем объявляется тот нейрон, для которого евклидово расстояние оказалось минимальным.

2) Кооперация. По умолчанию в MATLAB кооперация происходит по принципу «нейрон-победитель забирает не всё», что означает изменение весовых коэффициентов не только у нейрона-победителя, но и ближайших к нему нейронов.

3) Адаптация. Производятся корректировки весов таким образом, чтобы отклик нейрона-победителя на последующее поступление аналогичных примеров усиливался. При выбранной кооперации также изменяются веса у ближайших к нему нейронов:

$$\Delta \bar{w}_n = \eta \Lambda(n^*, n) (\bar{x} - \bar{w}_{n^*}),$$

где n – номер нейрона в карте;

n^* – номер победившего нейрона;

$\Delta \bar{w}_n$ – изменение вектора весов нейрона с номером n ;

$\Lambda(n^*, n)$ – функция соседства: равна 1 при $n^*=n$; меньше 1, но больше 0 в остальных случаях;

η – постоянный множитель, делающий корректировку небольшой.

На рисунке 3 представлена зависимость ошибки персептрона от количества кластеров, выделенных картой самоорганизации.

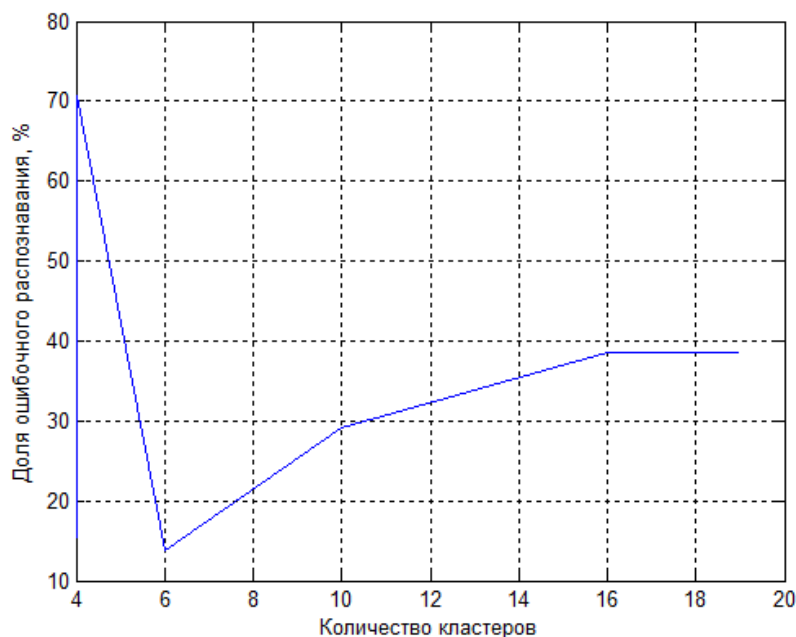


Рис. 3. – Зависимость количества ошибок от количества кластеров

Из графика видно, что с ростом количества классов фрагментов траектории уверенность их распознавания ухудшается. Кроме этого, использование четырех классов, как ранее, способствует минимальной ошибке. Использование шести классов не уменьшает ошибки, но требует больше памяти под большее количество нейронов и связей. При анализе полученных кластеров выявлено, что в один кластер с фрагментами прямолинейных движений попадали и фрагменты с поворотами. Поэтому автоматическое деление фрагментов на классы менее надёжно, чем экспертная оценка.

Для снижения количества ошибок распознавания, рассмотрим, каким образом можно усовершенствовать персептрон. Изначально количество нейронов в скрытом слое было равным 12, в соответствии с рекомендацией выбирать 30-50% от числа входных элементов, равного 36 [6]. Рассмотрим, как на ошибку распознавания влияет изменение этого количества. Обучено и протестировано семейство персептронов с количеством нейронов скрытого слоя от 11 до 20. График количества ошибок представлен на рисунке 4.

Видно, что надёжность распознавания практически не зависит от размерности скрытого слоя. Исходя из проведенного исследования, можно сделать следующие выводы:

- учебная выборка, составленная с помощью самоорганизации, не несёт надёжных знаний о фрагменте траектории;
- количество ошибок распознавания не зависит от размерности скрытого слоя персептрона;
- в связи с погрешностью определения координат торца электрода трекером и естественного дрожания руки сварщика сложно определить, какая именно точка снятой траектории является узловой;
- представляется целесообразным отображать реальную траекторию движения торца электрода совместно с идеальной, заданной экспертом, и на этом отображении производить оценку характеристик моторных навыков сварщика.

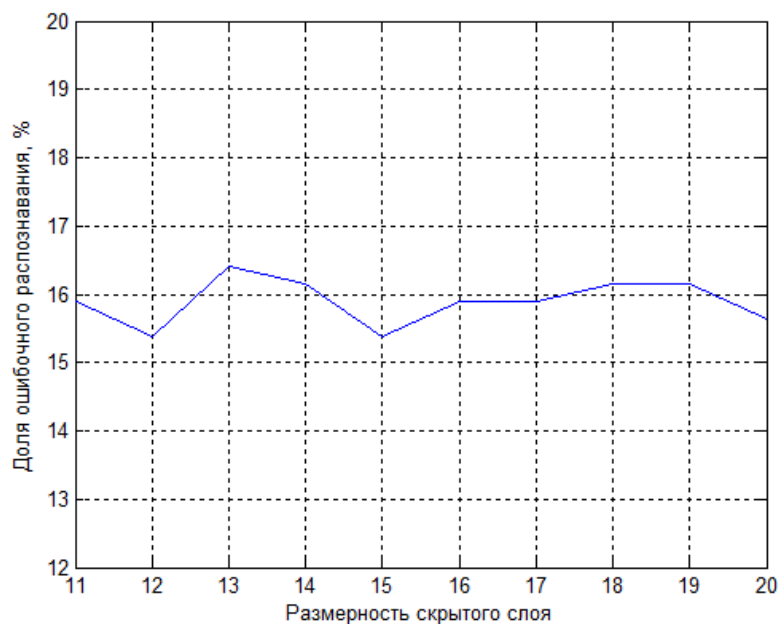


Рис. 4. – Зависимость количества ошибок от количества нейронов скрытого слоя

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тудвасев, В.А. Ручная дуговая сварка. Техника и приёмы сварки. Практическое пособие для сварщиков [Текст] / В.А. Тудвасев. Книга 2. – Ростов н/Д: Ростиздат, 2012. – 216 с.
2. Березовский, Б.М. Математическое моделирование и оптимизация формирования различных типов сварных швов [Текст] / Б.М. Березовский. Математические модели дуговой сварки. Том 2. – Челябинск: ЮУрГУ, 2003. – 601 с.
3. Кривин, В.В. и др. Использование устройства координатного слежения Trackir для измерения координат электрода в мультимедийном тренажёре сварщика РДС [Текст] / В.В. Кривин, И.О. Ишигов, В.А. Толстов, А.А. Тямалов, Н.А. Симакова // Глобальная ядерная безопасность – 2014. – №3(12). – С. 73–77.
4. Толстов, В.А. и др. Модель анализатора траектории торца электрода в мультимедийном тренажёре сварщика [Текст] / В.А. Толстов, Е.А. Андреева, Л.О. Ишигова // Глобальная ядерная безопасность. – 2013. – №2(7). – С. 40–44.
5. Рутковский, Л. Методы и технологии искусственного интеллекта [Текст] / Л. Рутковский. Пер. с польск. – М.: Горячая линия–Телеком, 2010. – 520 с.
6. Каллан, Р. Основные концепции нейронных сетей: Пер. с англ. [Текст] / Р. Каллан. – М.: Изд-во «Вильямс», – 2001. – 267 с.

REFERENCES

- [1] Tudvasev V.A. Ruchnaya dugovaya svarka [The manual arc welding]. Tekhnika i priyomy svarki [The welding skills and technics]. Prakticheskoe posobie dlya svarschikov [Practice manual for welders]. Kniga 2 [Part 2]. Rostov-na-Donu [Rostov-on-Don]. Pub. Rostizdat [Rostizdat], 2012, 216 p. (in Russian)
- [2] Berezovskiy B.M. Matematicheskie modeli dugovoy svarki [The mathematical models of arc welding]. Tom 2 [Vol. 2]. Matematicheskoe modelirovanie i optimizatsiya formirovaniya razlichnykh tipov svarnykh shvov [The mathematical modeling and form optimization of welding joints of different types]. Chelyabinsk [Chelyabinsk]. Pub. YUrGU [YUrGU], 2003, 601 p (in Russian)
- [3] Krivin V.V., Ishigov I.O., Tolstov V.A., Tyamalov A.A., Simakova N.A. Ispolzovaniye ustroystva koordinatnogo slezheniya Trackir dlya izmereniya koordinat elektroda v multimediynom trenazhore svarschika RDS [The TRACKIR Coordinate Tracking Device Usage For Measurement Of Electrode Coordinates In The Multimedia Training System For Manual Arc Welding]. Globalnaya yadernaya bezopasnost [Global Nuclear Safety], 2014, №3, ISSN 2305-414X, pp.73–77. (in Russian)

- [4] Tolstov V.A., Andreeva E.A., Ishigova L.O. Model analizatora traektorii tortsa elektroda v multimediyom trenazhore srarschika [The model of the electrode tip trace analyzer for the multimedia welding training system]. Globalnaya yadernaya bezopasnost [Global Nuclear Safety], 2013, №2, ISSN 2305-414X, pp.40–44. (in Russian)
- [5] Rutkovskiy L. Metody i tekhnologii iskusstvennogo intellekta [The methods and technics of artificial intelligence]. M. Pub. Goryachaya liniya – Telekom [Hot Line – Telecom], 2010, ISBN 978-5-9912-0105-6, 520 p. (in Russian)
- [6] Kallan R. Osnovnye kontseptsii neironnykh setey [The general conceptions of neural networks]. M. Pub. Vilyams [Vilyams], 2001, ISBN 0-13-908732-X/5-8459-0210-X, 267 p. (in Russian)

The Cluster Analysis of Electrode Node Motion Track in Computer Simulator

V.A. Tolstov, V.V. Krivin, I.O. Ishigov, N.A. Kravtsova

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

Abstract – The analysis of electrode node motion track moving over joint is not the simple task. This analysis is similar to pattern recognition solving by artificial neural networks. The article deals with usage of neural network for identifying motion track properties. This is the first time of solving this task by collaborated feed-forward network and self-organizing map of T. Kohonen. The method is developing and gives opportunity to construct the automatic system for welder's motion skills examination.

Keywords: welding, training system, neural network, self-organizing map.

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

УДК 621.791.75

**ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ В ИЗДЕЛИИ ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ
НОРМАЛЬНО-ЭЛЛИПТИЧЕСКИМ ИСТОЧНИКОМ**

© 2015 Ц. Гу, А.М. Рыбачук

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

В статье рассмотрено распределение сварочного тока в изделии и ванне при дуговой сварке для эффективного использования способов формирования шва магнитным полем. Выбрана модель нормально-эллиптического распределения теплового потока и модель нормально-эллиптического распределения сварочного тока на поверхности контакта дуги с жидким металлом. В работе поверхность контакта дуги с жидким металлом была принята эквипотенциальной и одновременно изотермической с температурой, равной температуре кипения жидкого металла, при пренебрежении влиянием теплоотвода через наружные поверхности свариваемого изделия. При этом рассчитано распределение плотности сварочного тока в изделии, которое зависит от распределения плотности теплового потока в изделии. Выведено соотношение между электрическим током и тепловым потоком.

Ключевые слова: дуговая сварка, электрическое поле, плотность сварочного тока, тепловой поток, нормально-эллиптический источник тепла.

Поступила в редакцию 19.11.2015 г.

Для управления качеством металла сварного шва при сварке и пайке с использованием дуги перспективно использование магнитных полей, взаимодействующих с дугой или с жидким металлом сварочной ванны. Использование магнитных полей позволяет бесконтактно и оперативно управлять качеством сварочных процессов.

При дуговой сварке широко применяются внешние магнитные поля, взаимодействующие со сварочным током в жидком металле сварочной ванны, для управления качеством металла и формы шва. На этом принципе основаны способы управления кристаллизацией и формой шва продольным относительно оси дуги магнитным полем [1,2] и способы формирования шва поперечным магнитным полем [3-5].

Для создания поперечного магнитного поля в области сварочной ванны и сохранения устойчивого горения дуги используется квадрупольное магнитное поле. Такое магнитное поле используется не только для формирования шва, но и для деформирования дуги, изменяя её технологические свойства [6,7]. При этом дуга деформируется, превращаясь из осесимметричной конусной в эллипсную [8].

Для эффективного использования этих методов необходимо уметь рассчитывать электрическое поле в сварочной ванне и изделии.

В работе [9] получено общее решение дифференциального уравнения, выражающее связь потенциала и температуры в изделии при дуговой сварке:

$$U = c_1 T^2 + c_2 \quad (1)$$

Это выражение справедливо при аналогичных граничных условиях для электрического и температурного полей в случае, если не применяется ориентированный токоподвод к свариваемому изделию, расположенный вблизи сварочной ванны [9]. В этой работе поверхность контакта дуги с жидким металлом была принята эквипотенциальной и одновременно изотермической с температурой, равной температуре кипения жидкого металла, при пренебрежении влиянием теплоотвода через наружные поверхности свариваемого изделия.

Найдем частное решение дифференциального уравнения (1).

Определим граничные условия на поверхности контакта дуги с жидким металлом, на которой температура достигает температуры кипения металла. Зададим на ней потенциал $U = U_1$. Найдем значение dU / dT на этой поверхности. Так как:

$$\frac{\partial U}{\partial n} = \frac{dU}{dT} \frac{\partial T}{\partial n}$$

получим:

$$\frac{\partial U}{\partial T} = \frac{dU / \partial n}{dT / \partial n}.$$

Из уравнений $j = -\sigma \text{grad} U$ и $q = -\lambda \text{grad} T$ найдем:

$$\frac{\partial U}{\partial n} = \frac{j}{\sigma} \text{ и } \frac{\partial T}{\partial n} = \frac{q}{\lambda}.$$

Следовательно,

$$\frac{dU}{dT} = \frac{\lambda j}{\sigma q}.$$

По закону Видемана – Франца:

$$\frac{\lambda}{\sigma} = LT_{\text{кип}}$$

поэтому:

$$\frac{dU}{dT} = LT_{\text{кип}} \frac{j}{q} \quad (2)$$

Для нормально-эллиптического распределения теплового потока (рис. 1) удельный тепловой поток дуги:

$$q(x, y) = q_0 e^{-\left(\frac{x^2}{a_T^2} + \frac{y^2}{b_T^2}\right)} \quad (3)$$

где q_0 – наибольший удельный тепловой поток в центре пятна нагрева;

a_T – большая полуось эллипса;

b_T – малая полуось эллипса.

Эффективная тепловая мощность нагрева изделия дугой равна:

$$q_u = \iint q dx dy = \iint q_0 e^{-\left(\frac{x^2}{a_T^2} + \frac{y^2}{b_T^2}\right)} dx dy = 2q_0 a_T b_T \arctg \frac{a_T}{b_T}.$$

Отсюда получаем наибольший удельный тепловой поток в центре пятна нагрева:

$$q_0 = \frac{q_u}{2a_T b_T \operatorname{arctg} \frac{a_T}{b_T}}. \quad (4)$$

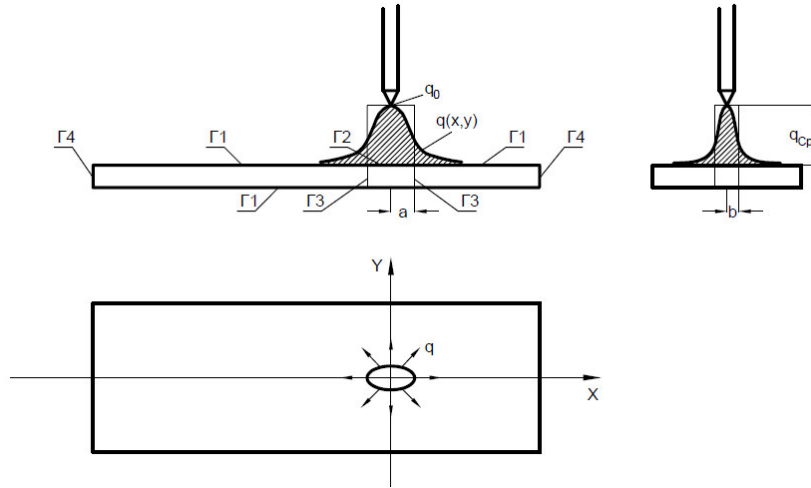


Рис. 1. – Нормально-эллиптическое распределение теплового потока

Γ1 – адиабатические границы: $\frac{\partial T}{\partial n} = 0$ и $\frac{\partial U}{\partial n} = 0$; Γ2 – поверхности ввода теплового потока и электрического тока: $T = T_{\text{кин}} = \text{const}$ и $U = U_1 = \text{const}$; Γ3 – изотерма плавления: $T = T_{\text{пл}}$; Γ4 – поверхности вывода теплового потока и электрического тока: $T = \text{const}$ и $U = \text{const}$.

Используя уравнения (3) и (4), получим выражение удельного теплового потока дуги:

$$q(x, y) = \frac{q_u}{2a_T b_T \operatorname{arctg} \frac{a_T}{b_T}} e^{-\left(\frac{x^2}{a_T^2} + \frac{y^2}{b_T^2}\right)}.$$

Эффективная тепловая мощность нагрева изделия дугой q_u равна:

$$q_u = \eta_u U_D I,$$

где η_u – эффективный КПД дуги;

U_D , I – напряжение на дуге и сварочный ток.

Средний удельный тепловой поток равен наибольшему удельному тепловому потоку в центре пятна нагрева при нормально-эллиптическом распределении теплового потока:

$$q_{Cp} = q_0 = \frac{q_u}{2a_T b_T \operatorname{arctg} \frac{a_T}{b_T}} = \frac{\eta_u U_D I}{2a_T b_T \operatorname{arctg} \frac{a_T}{b_T}}. \quad (5)$$

Плотность тока при нормально-эллиптическом распределении сварочного тока на поверхности контакта дуги с жидким металлом:

$$j(x, y) = j_0 e^{-\left(\frac{x^2}{a_3^2} + \frac{y^2}{b_3^2}\right)}.$$

где j_0 – значение плотности тока в центре дуги;
 $a_{\text{э}}$ – большая полуось эллипса;
 $b_{\text{э}}$ – малая полуось эллипса.

Сварочный ток равен:

$$I = \iint j dx dy = \iint j_0 e^{-\left(\frac{x^2}{a_{\text{э}}^2} + \frac{y^2}{b_{\text{э}}^2}\right)} dx dy = 2j_0 a_{\text{э}} b_{\text{э}} \operatorname{arctg} \frac{a_{\text{э}}}{b_{\text{э}}}.$$

Отсюда получаем значение плотности тока в центре дуги:

$$j_0 = \frac{I}{2a_{\text{э}} b_{\text{э}} \operatorname{arctg} \frac{a_{\text{э}}}{b_{\text{э}}}}.$$

Средняя плотность тока равна значению плотности тока в центре при нормально-эллиптическом распределении теплового потока:

$$j_{\text{ср}} = j_0 = \frac{I}{2a_{\text{э}} b_{\text{э}} \operatorname{arctg} \frac{a_{\text{э}}}{b_{\text{э}}}}. \quad (6)$$

Используя уравнения (5) и (6), получаем соотношение:

$$\frac{j_{\text{ср}}}{q_{\text{ср}}} = \frac{a_{\text{Т}} b_{\text{Т}} \operatorname{arctg} \frac{a_{\text{Т}}}{b_{\text{Т}}}}{\eta_{\text{и}} U_{\text{Д}} a_{\text{э}} b_{\text{э}} \operatorname{arctg} \frac{a_{\text{э}}}{b_{\text{э}}}}.$$

Подставив это соотношение в (2), найдем значение производной потенциала по температуре на поверхности контакта дуги с жидким металлом:

$$\frac{dU}{dT} = LT_{\text{кин}} \frac{j}{q} = \frac{LT_{\text{кин}} a_{\text{Т}} b_{\text{Т}} \operatorname{arctg} \frac{a_{\text{Т}}}{b_{\text{Т}}}}{\eta_{\text{и}} U_{\text{Д}} a_{\text{э}} b_{\text{э}} \operatorname{arctg} \frac{a_{\text{э}}}{b_{\text{э}}}}.$$

Исходя из найденных граничных условий на поверхности контакта дуги с жидким металлом при: $T = T_{\text{кин}}, U = U_1$, $\frac{dU}{dT} = \frac{LT_{\text{кин}} a_{\text{Т}} b_{\text{Т}} \operatorname{arctg} \frac{a_{\text{Т}}}{b_{\text{Т}}}}{\eta_{\text{и}} U_{\text{Д}} a_{\text{э}} b_{\text{э}} \operatorname{arctg} \frac{a_{\text{э}}}{b_{\text{э}}}},$

из системы уравнений:

$$\begin{cases} C_1 T_{\text{кин}}^2 + C_2 = U_1 \\ 2C_1 T_{\text{кин}} = \frac{LT_{\text{кин}} a_{\text{Т}} b_{\text{Т}} \operatorname{arctg} \frac{a_{\text{Т}}}{b_{\text{Т}}}}{\eta_{\text{и}} U_{\text{Д}} a_{\text{э}} b_{\text{э}} \operatorname{arctg} \frac{a_{\text{э}}}{b_{\text{э}}}}. \end{cases}$$

определим произвольные постоянные уравнения (1):

$$C_1 = \frac{La_{\text{Т}} b_{\text{Т}} \operatorname{arctg} \frac{a_{\text{Т}}}{b_{\text{Т}}}}{2\eta_{\text{и}} U_{\text{Д}} a_{\text{э}} b_{\text{э}} \operatorname{arctg} \frac{a_{\text{э}}}{b_{\text{э}}}},$$

$$C_2 = -\frac{LT_{\text{кун}}^2 a_T b_T \arctg \frac{a_T}{b_T}}{2\eta_u U_{\text{д}} a_{\text{э}} b_{\text{э}} \arctg \frac{a_{\text{э}}}{b_{\text{э}}}} + U_1.$$

Подставив C_1 и C_2 в уравнение (1), получим уравнение распределения потенциала при дуговой сварке:

$$U = \frac{La_T b_T \arctg \frac{a_T}{b_T} (T^2 - T_{\text{кун}}^2)}{2\eta_u U_{\text{д}} a_{\text{э}} b_{\text{э}} \arctg \frac{a_{\text{э}}}{b_{\text{э}}}} + U_1.$$

Плотность тока в свариваемом изделии:

$$\bar{j} = -\sigma \text{grad} U.$$

Подставив значение градиента электрического потенциала в это выражение, найдем:

$$\bar{j} = -\sigma \left(\bar{i} \frac{\partial U}{\partial x} + \bar{j} \frac{\partial U}{\partial y} + \bar{k} \frac{\partial U}{\partial z} \right).$$

Если среда однородна и распределение потенциала зависит только от температуры, то:

$$\frac{\partial U}{\partial x} = \frac{dU}{dT} \frac{\partial T}{\partial x} \quad \frac{\partial U}{\partial y} = \frac{dU}{dT} \frac{\partial T}{\partial y} \quad \frac{\partial U}{\partial z} = \frac{dU}{dT} \frac{\partial T}{\partial z}.$$

Тогда:

$$\bar{j} = -\sigma \left(\bar{i} \frac{dU}{dT} \frac{\partial T}{\partial x} + \bar{j} \frac{dU}{dT} \frac{\partial T}{\partial y} + \bar{k} \frac{dU}{dT} \frac{\partial T}{\partial z} \right) = -\sigma \frac{dU}{dT} \left(\bar{i} \frac{\partial T}{\partial x} + \bar{j} \frac{\partial T}{\partial y} + \bar{k} \frac{\partial T}{\partial z} \right),$$

$$\bar{j} = -\sigma \frac{dU}{dT} \text{grad} T.$$

Из уравнения (1) найдем производную потенциала по температуре:

$$\frac{dU}{dT} = 2C_1 T$$

и, подставив ее в предыдущее уравнение, получим:

$$\bar{j} = -2C_1 \sigma T \text{grad} T.$$

С учетом значения C_1 запишем формулу, определяющую распределение тока в изделии:

$$\bar{j} = -\frac{L\sigma T \text{grad} T a_T b_T \arctg \frac{a_T}{b_T}}{\eta_u U_{\text{д}} a_{\text{э}} b_{\text{э}} \arctg \frac{a_{\text{э}}}{b_{\text{э}}}}.$$

Так как $\text{grad} T = -\bar{q} / \lambda$, получим:

$$\bar{j} = \frac{L\sigma T \bar{q} a_T b_T \arctg \frac{a_T}{b_T}}{\lambda \eta_u U_{\text{д}} a_{\text{э}} b_{\text{э}} \arctg \frac{a_{\text{э}}}{b_{\text{э}}}}.$$

Зная, что $\frac{\sigma}{\lambda} = \frac{1}{LT}$, получим выражение, связывающее плотность тока с плотностью теплового потока, в виде:

$$\bar{j} = \frac{\bar{q} a_T b_T \operatorname{arctg} \frac{a_T}{b_T}}{\eta_u U_{\text{д}} a_{\text{Э}} b_{\text{Э}} \operatorname{arctg} \frac{a_{\text{Э}}}{b_{\text{Э}}}}.$$

По полученному выражению можно рассчитывать плотность сварочного тока в изделии по известному температурному полю при указанных граничных условиях.

ВЫВОД

Получено выражение, связывающее плотность тока с плотностью теплового потока в изделии, при сварке дугой эллиптической формы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Завьялов, В.Е. и др. Использование продольного магнитного поля при наплавке под флюсом [Текст] / В.Е. Завьялов, Я.П. Звороно, А.Б. Петраков // Сварочное производство. – 1990. – №2 – С. 3–6.
2. Рыжов Р.М. Влияние импульсных электромагнитных воздействий на процессы формирования и кристаллизации швов [Текст] / Р.М. Рыжов // Автоматическая сварка. – 2007. – №2. – С. 56–58.
3. 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. 9–10.
4. Акулов, А.И. и др. Особенности формирования шва при сварке в поперечном магнитном поле [Текст] / А.И. Акулов, А.М. Рыбачук, Г.Г. Чернышов // Сварочное производство. – 1979. – №7. – С. 11–14.
5. Кубарев, В.Ф. и др. Магнитогидродинамическое торможение расплава в сварочной ванне [Текст] / В.Ф. Кубарев, А.М. Рыбачук, А.И. Акулов, Г.Г. Чернышов // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 1984. – №9. – С. 134–136.
6. Nomura K., Ogino Y., Haga T., Hitara Y. Influence of magnet configuration on magnetic controlled TIG arc welding // Transactions of JWRI. 2010. Vol. 39, № 2. pp. 209–210.
7. Nomura K., Morisaki K., Hitara Y. Magnetic control of arc plasma and its modelling // Welding in the word. 2009. Vol. 53, №7/8, pp. 181–187.
8. Рыбачук, А.М. и др. Деформация дуги в квадрупольном магнитном поле [Текст] / А.М. Рыбачук, Ц. Гу, Н.В. Крысько // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2015. – №8-1. – С. 72–78.
9. Рыбачук, А.М. и др. Распределение сварочного тока в изделии и ванне при дуговой сварке [Текст] / А.М. Рыбачук, Г.Г. Чернышов // Сварка и диагностика. – 2011. – №6 –С. 16–20.

REFERENCES

- [1] Zavyalov V.Ye., Zvorono Ya.P., Petrakov A.B. Ispolzovaniye prodolnogo magnitnogo polya pri naplavke pod flyusom [Using the longitudinal magnetic field in surfacing Submerged]. Svarochnoe proizvodstvo [Welding fabrication], 1990, №2, ISSN 0491-6441, pp. 3–6. (in Russian)
- [2] Ryzhov R.M. Vliyaniye impulsnykh elektromagnitnykh vozdeystviy na protsessy formirovaniya i kristallizatsii shvov [Effect of pulsed electromagnetic effects on the formation and crystallization of seam]. Avtomaticheskaya svarka [Automatic welding], 2007, №2, ISSN 0005-111X, pp. 56–58. (in Russian)
- [3] Akulov A.I., Rybachuk A.M. Podderzhaniye zhidkogo metalla svarochnoy vannы poperechnym magnitnym polem [Maintaining a liquid metal of the weld pool by a transverse magnetic field]. Svarochnoe proizvodstvo [Welding fabrication], 1972, №2, ISSN 0491-6441, pp. 9–10. (in Russian)
- [4] Akulov A.I., Rybachuk A.M., Chernyshov G.G. Osobennosti formirovaniya shva pri svarke v poperechnom magnitnom pole [Features of formation of the welding seam in a transverse magnetic field]. Svarochnoe proizvodstvo [Welding fabrication], 1979, №7, ISSN 0491-6441, pp. 11–14. (in Russian)
- [5] Kubarev V.F., Rybachuk A.M., Akulov, A.I., Chernyshov G.G. Magnitogidrodinamicheskoye tormozheniye raspлава v svarochnoy ванне [Magnetohydrodynamic deceleration of the melt in the weld puddle]. Izvestiya vuzov, Mashinostroyeniye [Proceedings of the universities, Mechanical

- engineering], 1984, №9, ISSN 0536-1044, pp. 134–136. (in Russian)
- [6] Nomura K., Ogino Y., Haga T., Hitara Y. Influence of magnet configuration on magnetic controlled TIG arc welding // Transactions of JWRI. 2010. Vol. 39, №2, ISSN 0387-4508, pp. 209-210. Available at: <http://hdl.handle.net/11094/5373> (in English)
- [7] Nomura K., Morisaki K., Hitara Y. Magnetic control of arc plasma and its modelling // Welding in the world. 2009. Vol. 53, №7/8, ISSN 0043-2288, DOI 10.1007/BF03266730, pp. 181–187. (in English)
- [8] Rybachuk A.M., Gu J., Krysko N.V. Deformatsiya dugi v kvadropolnom magnitnom pole [The deformation of the arc in the quadrupole magnetic field]. Aktualnyye problemy gumanitarnykh i yestestvennykh nauk [Actual problems of humanities and natural sciences], 2015, №8-1, ISSN 2073-0071, pp. 72–78. (in Russian)
- [9] Rybachuk A.M., Chernyshov G.G. Raspredeleniye svarochnogo toka v izdelii i vanne pri dugovoy svarke [Welding current distribution in the product and the bath during arc welding]. Svarka i Diagnostika [Welding and Diagnostics], 2011, №6, ISSN 2071-5234, pp. 16-20. (in Russian)

The Electric Field in the Work-piece in Arc Welding Normally Elliptical Source

Jieren Gu, A.M. Rybachuk

*Bauman Moscow State Technical University,
5 Vtoraja Baumanskaya St., Moscow, Russia 105005
e-mail: amrybachuk@mail.ru*

Abstract – In the paper the distribution of welding current in the workpiece and the pool in arc welding is considered, in order to effectively use the methods of weld formation controlled magnetic field. We choose normally elliptical distribution heat source model and choose normally elliptical distribution welding current model on the contact surface between arc and liquid metal. In the work the contact surface between arc and liquid metal has been adopted equipotential and isothermal at a temperature equal to the boiling point of liquid metal, neglecting the influence of heat sinks through the outer surface of the workpiece. In this case we calculate the distribution of welding current density in the workpiece, which depends on the distribution of heat flux density. The relation between the electric current and heat flux is derived from the calculation.

Keywords: arc welding, electric field, welding current density, heat flux, normally elliptical heat source.

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

УДК 621.311.25:621.039.5

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ
НАГРУЖЕННОСТИ УЗЛА ПРИВАРКИ КОЛЛЕКТОРА
ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ К ПАТРУБКУ Ду1200
ПАРОГЕНЕРАТОРОВ ПГВ-1000**

© 2015 А.К. Адаменков^{*}, И.Н. Веселова^{**}, И.В. Малахов^{*}

^{*} Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция»,
Волгодонск, Ростовская обл., Россия

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

В статье рассмотрена возможность выполнения одного из мероприятий, направленных на снижение вероятности повреждения зоны сварного соединения коллектора парогенератора ВВЭР-1000, а именно, мониторинг термомеханической нагруженности сварного шва №111 при эксплуатации парогенератора.

Выполненный анализ механизма разрушения сварного соединения позволил определить, что повреждение металла в зоне приварки коллектора теплоносителя к патрубку Ду1200 происходит в направлении горячей нитки ГЦТ со стороны короткой образующей патрубка, вблизи зоны с максимальными механическими напряжениями.

С целью осуществления контроля механической нагруженности зоны сварного соединения №111 коллекторов парогенератора ПГВ-1000 на Ростовской АЭС выполнили операции диагностирования указанной зоны сканером (индикатором) механических напряжений Stressvision. Принцип действия устройства основан на явлении магнитной анизотропии изделий из ферромагнитных материалов, т.е. изменении магнитного состояния под влиянием механических напряжений.

Анализ распределения градиента и концентраторов механических напряжений позволяет сделать вывод о том, что зона сварного соединения в области короткой образующей коллектора в 2-3 раза более напряжена, чем зона сварного соединения в области длинной образующей, что согласуется с данными, приведенными другими исследователями как о зоне, наиболее подверженной возможному появлению дефектов.

Таким образом, периодическое диагностирование индикатором Stressvision зоны сварного шва № 111 ПГВ1000 позволит выявить и оценить возможные изменения градиента и концентраторов механических напряжений и обеспечить контроль термомеханической нагруженности узла приварки коллектора теплоносителя к патрубку Ду1200 парогенераторов ПГВ-1000.

Ключевые слова: сварное соединение №111, коллекторы парогенератора, магнитная анизотропия, градиенты и концентраторы механического напряжения, термомеханическое воздействие, stressvision индикатор.

Поступила в редакцию 25.11.2015 г.

Повреждения зоны сварного соединения №111 коллекторов парогенератора ПГВ-1000 фиксируются с ноября 1998 года. В настоящее время выполнено 11 ремонтов поврежденных зон, все парогенераторы находятся в эксплуатации.

Выполненный анализ механизма разрушения сварного соединения [1] позволил определить, что повреждение металла в зоне приварки коллектора теплоносителя к патрубку Ду1200 происходит по механизму замедленного деформационного коррозионного растрескивания (ЗДКР).

Установлено, что:

1) Для реализации механизма ЗДКР необходимо сочетание нескольких факторов:

- высокий уровень механических напряжений;
- наличие скорости деформирования на уровне 10^{-6} – 10^{-7} 1/с, что реализуется в некоторых проектных режимах эксплуатации энергоблоков;
- воздействие коррозионного фактора $\text{РН} < 9$;
- температурный диапазон $\sim 160\div 290^\circ\text{C}$.

2) Зона первоначальных повреждений расположена во всех случаях в направлении горячей нитки ГЦТ со стороны короткой образующей патрубка, вблизи зоны с максимальными механическими напряжениями (рис.1).

В настоящее время разработан комплекс мероприятий, направленный на снижение вероятности повреждения зоны сварного соединения №111, среди которых, относящихся в первую очередь, к жесткому соблюдению регламентных ограничений (скорость разогрева/охлаждения, поддержание ВХР, и т.п.), необходимо выделить одно – это постоянный контроль термомеханической нагруженности узла при эксплуатации и анализ фактического состояния.

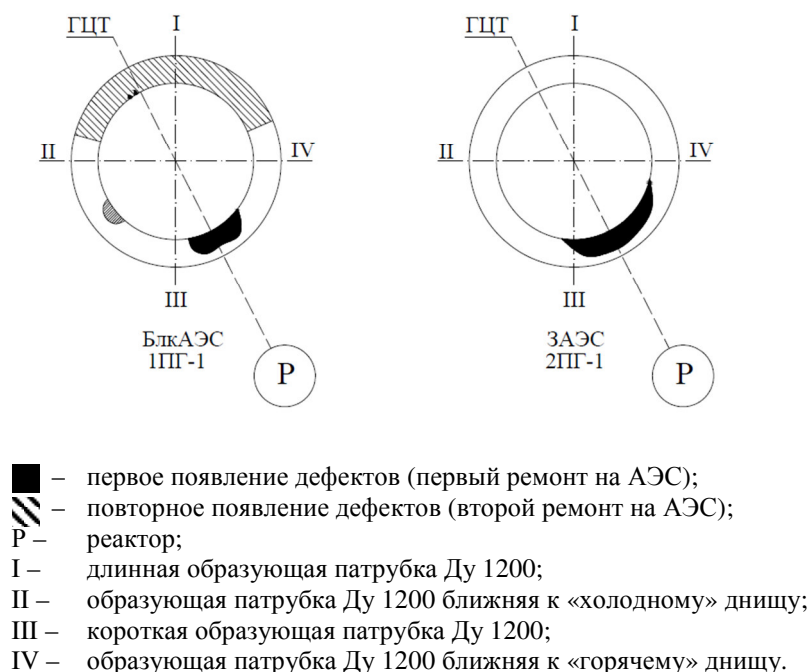


Рис. 1. – Зоны появления дефектов

С целью осуществления контроля механической нагруженности зоны сварного соединения №111 коллекторов парогенератора ПГВ-1000 на Ростовской АЭС, аналогично опыту исследования неразрушающего контроля металла первого контура охлаждения реактора ВВР-К [2], выполнили операции диагностирования указанной зоны сканером (индикатором) механических напряжений Stressvision. Принцип действия устройства основан на явлении магнитной анизотропии изделий из ферромагнитных материалов, т.е. изменении магнитного состояния под влиянием механических напряжений. Под воздействием внешних факторов, или физико-механических характеристик материала фиксируется местное изменение поля механических напряжений (концентрация напряжений), поэтому в местах возникновения концентраторов напряжений наблюдается изменение магнитных свойств металла [3].

В настоящее время выполнено сканирование зоны сварного соединения №111

парогенераторов одного из действующих энергоблоков в период проведения планово-предупредительного ремонта. Сканирование выполнялось по сетке (30х30) с числом рядов 6 и количеством строк 25. Сканирование проводилось от патрубка продувки карманов коллектора парогенератора против часовой стрелки для холодного, и по часовой стрелки для горячего коллектора (рис. 2).

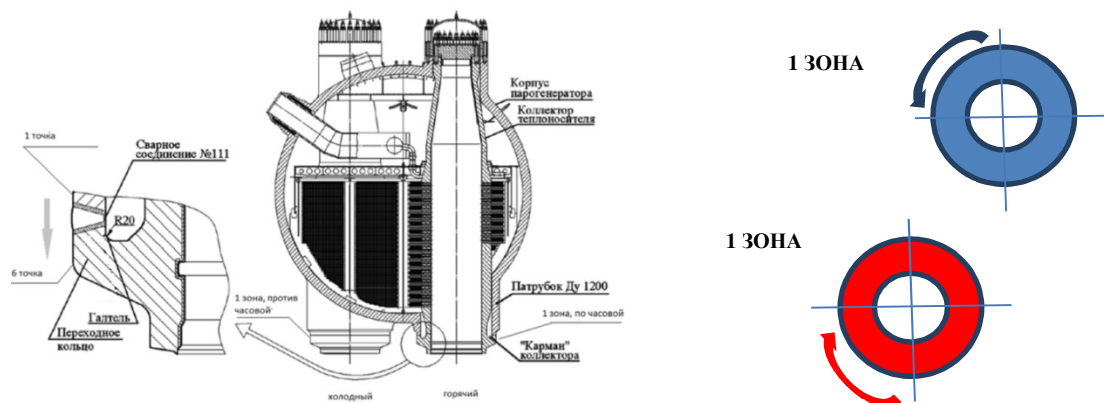


Рис. 2. – Схема сканирования коллектора парогенератора

Таким образом, формировалось 6 зон (карт) контроля. Неравномерность (протяженность) карт контроля объясняется доступностью для сканирования в реальных условиях энергоблока.

В результате сканирования и последующей обработки данных были получены графические карты и обобщенные статистические характеристики как для каждой из зон, так и для каждого из обследованных коллекторов. Выполненное диагностирование позволяет провести качественную и количественную оценку коэффициента концентрации механических напряжений (КМН), оценку уровней разности главных механических напряжений (РГМН) по «направлению».

Графически полученные данные представлены в виде 2-D карт РГМН (рис. 3), на которых зоны растяжения показаны темным цветом, а зоны сжатия – светлым. Карты позволяют выделить зону сварного шва (1), зону термического влияния (ЗТВ) (2).

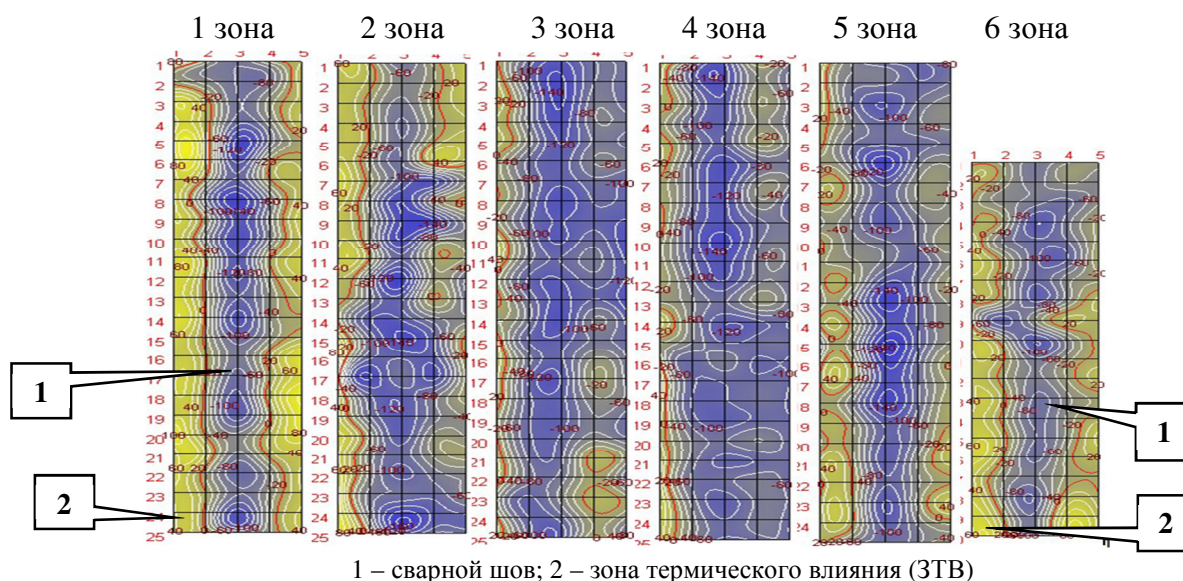


Рис. 3. – Карты РГМН зоны сварного соединения №111 холодного коллектора парогенератора ПГВ-1000

Статистическая обработка карт позволяет количественно оценить распределение РГМН в каждой из зон (табл. 1).

Таблица 1. – Распределение РГМН в зонах

2ПГЗ холодный															
	Сумма слоёв					Слой 0-6 мм					Слой 0-3 мм				
	Макс. РГМН	Мин. РГМН	Сред. РГМН	СКО	дисп.	Макс. РГМН	Мин. РГМН	Сред. РГМН	СКО	дисп.	Макс. РГМН	Мин. РГМН	Сред. РГМН	СКО	дисп.
Зона 1 (5x25)	113,02	-156,02	-19,87	61,37	3766,71	89,88	-68,45	-6,86	32,43	1051,8	67,63	-98,72	-13,02	32,28	1042,2
Зона 2 (5x25)	94,19	-165,83	-50,66	55,54	3084,59	86,42	-82,34	-18,31	30,55	933,5	43,19	-102,44	-32,35	28,84	832,03
Зона 3 (5x25)	49,92	-147,31	-73,09	40,85	1646,97	70,02	-68,18	-21,84	26,45	699,53	5,1	-90,51	-51,25	17,5	306,09
Зона 4 (5x25)	61,01	-149,07	-72,32	37,77	1426,32	65,57	-71,88	-19,5	25,72	661,49	5,14	-82,23	-52,82	14,75	217,65
Зона 5 (5x25)	49,68	-168,28	-57,33	46,04	2120,03	52,98	-79,75	-18,1	27,78	771,98	17,58	-96,14	-39,23	21,57	465,27
Зона 6 (5x20)	90,62	-121,25	-28,51	47,16	2228,84	77,98	-64,39	-8,91	30,72	944,01	28,87	-63,32	-19,6	19,94	397,62

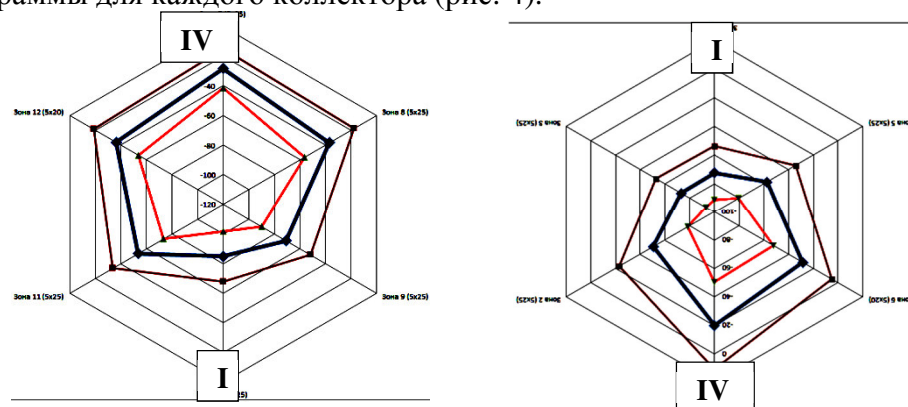
В таблице показано распределение РГМН по каждому из слоев карты: поверхностный (0-3 мм), глубокий (0-6 мм). Указаны максимальное, минимальное и среднее значение РГМН для каждой зоны. Приведена величина среднеквадратичного отклонения, характеризующая отклонения величины РГМН от среднего значения.

Аналогичные измерения проведены для каждого из восьми коллекторов. Данные, сведенные в таблицу 2, показывают, что, в среднем, все контролируемые зоны находятся в зоне действия растягивающих напряжений, причем, зона сварного соединения коллекторов парогенератора № 4 характеризуется наибольшей разгруженностью и удовлетворительной однородностью распределения напряжений (незначительная величина отклонения).

Таблица 2. – Данные контролируемых зон коллекторов парогенераторов

Контролируемая зона парогенератора	Среднее значение РГМН	Отклонение
ПГ1 холодный	-79,5	26,1
ПГ1 горячий	-75,8	28,6
ПГ2 холодный	-78,7	23,0
ПГ2 горячий	-68,5	32,5
ПГ3 холодный	-50,3	26,7
ПГ3 горячий	-51,8	19,6
ПГ4 холодный	-130,3	29,7
ПГ4 горячий	-91,9	21,3

Согласно распределению РГМН по длине окружности, построены круговые диаграммы для каждого коллектора (рис. 4).



а) холодный коллектор
 б) горячий коллектор
Рис. 4. – Распределение РГМН по окружности зоны сварного шва №111 холодного (а) и горячего (б) коллекторов

Аналогично распределению РГМН строятся карты распределения КМН (рис. 5) также каждой зоны.

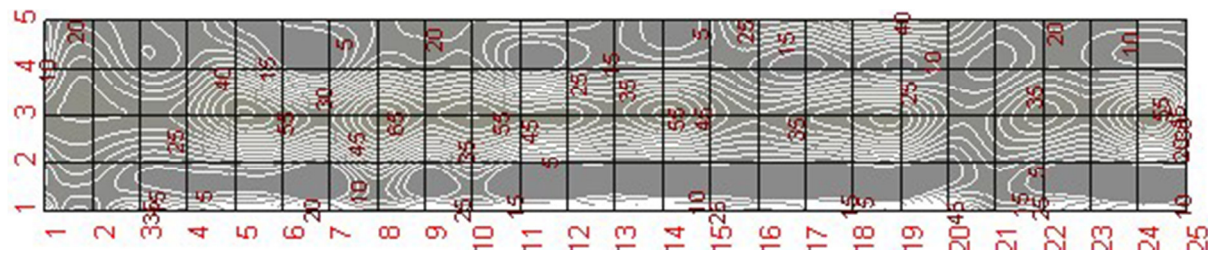


Рис. 5. – Распределение КМН первой карты зоны сварного соединения №111 холодного коллектора парогенератора ПГВ-1000

Анализ распределения РГМН и КМН позволяет сделать вывод о том, что зона сварного соединения в области короткой образующей коллектора в 2-3 раза более напряжена (I), чем зона сварного соединения в области длинной образующей (IV), что согласуется с данными, приведенными другими исследователями [1], как о зоне, наиболее подверженной возможному появлению дефектов.

Контроль параметров магнитной анизотропии зоны сварного соединения №111 ПГВ 1000 позволяет сделать выводы о наличии или отсутствии концентраторов механических напряжений, выполнить оценку уровней разности главных механических напряжений в зоне сварного шва.

Таким образом, периодическое диагностирование сканером (индикатором) механических напряжений Stressvision зоны сварного шва № 111 ПГВ1000 позволит выявить и оценить возможные изменения РГМН (КМН) и обеспечить контроль термомеханической нагруженности узла приварки коллектора теплоносителя к патрубку Ду1200 парогенераторов ПГВ-1000.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трунов, Н.Б. Разработка и обоснование мероприятий по обеспечению надежной и безопасной эксплуатации сварных соединений № 111 парогенератора ПГВ-1000М. [Текст] / Н.Б. Трунов и др. // Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР: сб. тез. 6-ой Междунар. науч.-техн. конф. – Подольск: ОКБ «Гидропресс», 26-29 мая 2009. – Подольск, 2009.
2. Ермаков, Е.Л. и др. Некоторые результаты неразрушающего контроля металла первого контура охлаждения реактора ВВР-К. [Текст] / Е.Л. Ермаков, О.В. Тиванова. // Ядерная и радиационная физика: сб. тез. 9-ой Междунар. конф., Казахстан, Алматы, 24-27 сент. 2013 г. – Алматы, 2013.
3. Сканер механических напряжений STRESSVISION. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.stressvision.ru/> – 21.10.2015.
4. Capabilities of the method for evaluation of stressed-deformed state at inspection of nuclear power facilities. Available at: http://www.ndt.net/article/ecndt2010/reports/1_12_06.pdf
5. Applied magnetic field and stress induced anisotropy dependence of energy for oriented ferromagnetic thick films. Available at: http://www.kln.ac.lk/uokr/journals/J4/Journal_4-1.pdf
6. Jensen, P.J. & H. Dreyse. 2002. In-plane magnetic reorientation in coupled ferro and antiferromagnetic thin films. Physical Review B 66: 220407-1-4.
7. Samarasekara, P. 2006. A solution of the Heisenberg Hamiltonian for oriented thick ferromagnetic films. Chinese Journal of Physics 44(5): 377-386.
8. Shan-Ho. Tsai. D.P. Landau & C Thomas Schulthess. 2003. Effect of interfacial coupling on the magnetic ordering in ferro-antiferromagnetic bilayers. Journal of Applied Physics 93(10): 8612-8614.

REFERENCES

- [1] Trunov, N.B. Razrabotka i obosnovaniye meropriyatiy po obespecheniyu nadiozhnoy i bezopasnoy ekspluatatsiyi svarnykh soyedineniy № 111 parogeneratora PGV-1000M [Elaboration and grounds of measures for ensuring safe and reliable operation of welded connections 111 of steam generator

- PGV-1000M]. Obespecheniye bezopasnosti AES s VVER: sbornik tezisov Shestoy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsyi – Podolsk: OKB «Gidropress», 26-29 maya 2009 [Ensuring safety of NPPs with WVER type reactor: collected theses of 6th International scientific and technical conference – Podolsk: OKB «Gidropress», May 26-29, 2009], Podolsk, 2009 (in Russian)
- [2] Yermakov, E.L. Nekotoriye rezultaty nerazrushayuschego kontrolya metalla pervogo kontura okhlazhdeniya reaktora VVR-K. [Some results of nondestructive metal testing of WVR-K type reactor coolant circuit] Yadernaya i radiatsionnaya fizika: sbornik tezisov Devyatoy Mezhdunarodnoy konferentsyi, Kazakhstan, Almaty, 24-27 sent. 2013 [Nuclear and radiation physics: collected theses of 9th International conference, Kazakhstan, Almaty, September 24-27, 2013]. Almaty, 2013, ISBN 9965-675-85-6 (in Russian)
 - [3] Skaner mekhanicheskikh napryazheniy STRESSVISION. [The mechanical stress scanner STRESSVISION]. Available at: <http://www.stressvision.ru> (in Russian)
 - [4] Capabilities of the method for evaluation of stressed-deformed state at inspection of nuclear power facilities. Available at: http://www.ndt.net/article/ecndt2010/reports/1_12_06.pdf (in English)
 - [5] Applied magnetic field and stress induced anisotropy dependence of energy for oriented ferromagnetic thick films. Available at: http://www.kln.ac.lk/uokr/journals/J4/Journal_4-1.pdf (in English)
 - [6] Jensen. P.J. & H. Dreyse. 2002. In-plane magnetic reorientation in coupled ferro and antiferromagnetic thin films. Physical Review B 66: 220407-1-4. ISSN 1098-0121 (in English)
 - [7] Samarasekara, P. 2006. A solution of the Heisenberg Hamiltonian for oriented thick ferromagnetic films. Chinese Journal of Physics 44(5): 377-386. ISSN 0577-9073 (in English)
 - [8] Shan-Ho. Tsai. D.P. Landau & C Thomas Schulthess. 2003. Effect of interfacial coupling on the magnetic ordering in ferro-antiferromagnetic bilayers. Journal of Applied Physics 93(10): 8612-8614. ISSN 0021-8979 (in English)

Thermomechanical Loading Monitoring of Heat Carrier Collector Welding Joint to Steam Generators PGV-1000 Du1200 Branch Pipe

A.K. Adamenkov*, I.N. Veselova**, I.V. Malakhov*

* «Rostov nuclear power plant» the branch OJSC «Rosenergoatom Concern»,
Volgodonsk-28, Rostov region, Russia 347340

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

Abstract – In article possibility of one of operations directed to decrease in probability of welded joint zone damage of the VVER-1000 steam generator collector, namely, monitoring of thermomechanical loading of №111 welded seam at the steam generator operation is considered. The made analysis of welded joint destruction mechanism allowed to define that metal damage in the welding zone of the heat carrier collector to Du1200 branch pipe happens in the direction of MCP hot string from short forming a branch pipe, near a zone to the maximum mechanical tension.

Diagnosing operations of № 111 welded joint zone of steam generator collectors were made by the Stressvision mechanical tension scanner (indicator) at the Rostov NPP for the purpose of mechanical loading control. The principle of the device operation is based on the phenomenon of magnetic anisotropy of ferromagnetic material products, i.e. magnetic state change under the influence of mechanical tension.

The analysis of gradient distribution and of mechanical tension concentrators allows to draw a conclusion that the welded joint zone in the field of collector short forming is 2-3 times more strained than welded joint zone in the field of long forming that will be coordinated with the data provided by other researchers as the most possible emergence defect zone.

Thus, periodic diagnosing by the Stressvision indicator of № 111 welded seam zone will allow to reveal and estimate possible changes of gradient and mechanical tension concentrators and to provide thermomechanical loading monitoring of heat carrier collector welding joint to steam generators Du1200 branch pipe.

Keywords: № 111 the weld joint, steam collectors, magnetic anisotropy, the gradients and mechanical tension concentrators, thermomechanical loading, Stressvision indicator.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

УДК 621.039.5.66.045.8

**О ЯДЕРНОМ ГИДРИРОВАНИИ ОБОЛОЧЕК
ТЕПЛОЫДЕЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ АЛЮМИНИЯ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО РЕАКТОРА ИР-100**

© 2015 П.А. Пономаренко, М.А. Фролова

Севастопольский государственный университет, Севастополь, Крым, Россия

Известно, что под действием нейтронного излучения в алюминии и в его сплавах увеличиваются пределы прочности и текучести, но уменьшается предел пластичности, что, в силу распухания топливной композиции, приводит к растрескиванию оболочек ТВЭЛов. Проведенные исследования показали, что причиной растрескивания алюминиевых оболочек ТВЭЛ реакторов на тепловых нейтронах является замедленное ядерное гидрирование алюминия в нейтронных полях, а растрескивание оболочек, связанное с потерей пластичности, зависит от содержания водорода в кристаллической решетке металла оболочек. Так, возникшие в результате ядерного взаимодействия нейтронов и ядер металла протоны, в связи с их низкой проникающей способностью, остаются в оболочке ТВЭЛа и образуют в ней атомы водорода, что снижает долговечность работы оболочек ТВЭЛов по их основному назначению.

Ключевые слова: гидрирование, нейтрон, алюминий, оболочка ТВЭЛ, ядерное топливо.

Поступила в редакцию 10.11.2015 г.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами. Исследовательский реактор ИР-100, тепловой мощностью 200 кВт, начал работать в апреле 1967 года. До настоящего времени он работает на первой загрузке ядерного топлива. Она состоит из металлокерамических стержней UO_2 , диаметром 7 мм, плотностью топлива $4,8 \text{ г/см}^3$, обогащением урана 10 %, размещенных в активной зоне по треугольной решетке с шагом 17 мм. Каждый металлокерамический стержень заключен в герметичную оболочку из алюминиевого сплава АД-1. в настоящее время энерговыработка активной зоны реактора ИР-100 составляет $2 \cdot 10^6$ кВтчасов [1].

За указанное время эксплуатации реактора его активная зона несколько раз подвергалась детальной метрологии и спектрометрии нейтронных и гамма полей в ней.

В результате таких измерений можно допустить, что средняя плотность потока нейтронов спектра деления по активной зоне за это время составила $\approx 3,74 \cdot 10^{12} \text{ н} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. средняя плотность потока нейтронов с энергией более 14 МэВ для таких же условий составляет $1,45 \cdot 10^8 \text{ н} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

Нейтронами указанных энергий в силу их диффузии из топливного сердечника в замедлитель - теплоноситель (H_2O) облучались оболочки тепловыделяющих элементов из алюминия марки АД-1.

В связи с тем, что в сумме примеси других металлов в этом сплаве не превышают 0,85%, нейтронно-ядерными процессами нейтронов спектра деления и с энергией более 14 МэВ с ядрами примесей можно пренебречь [2].

Нейтроны деления генерируются в топливной композиции тепловыделяющего элемента (ТВЭЛ), которая очень часто представляет собой UO_2 , а делящийся нуклид в ней – $^{235}_{92}\text{U}$. Энергия нейтронов деления находится в пределах от 0,05 до 18 МэВ [3].

Нейтронов деления в области граничных энергий очень мало. Энергетический спектр нейтронов деления наиболее часто описывают спектром Уатта (верхняя граница энергии нейтронов в этом спектре заканчивается 10 МэВ).

Пространственная качественная картина изменения плотности нейтронов деления $n_{\text{дел}}$ в ячейке (блок топлива – замедлитель) активной зоны реактора на тепловых нейтронах представлена на рисунке 1.

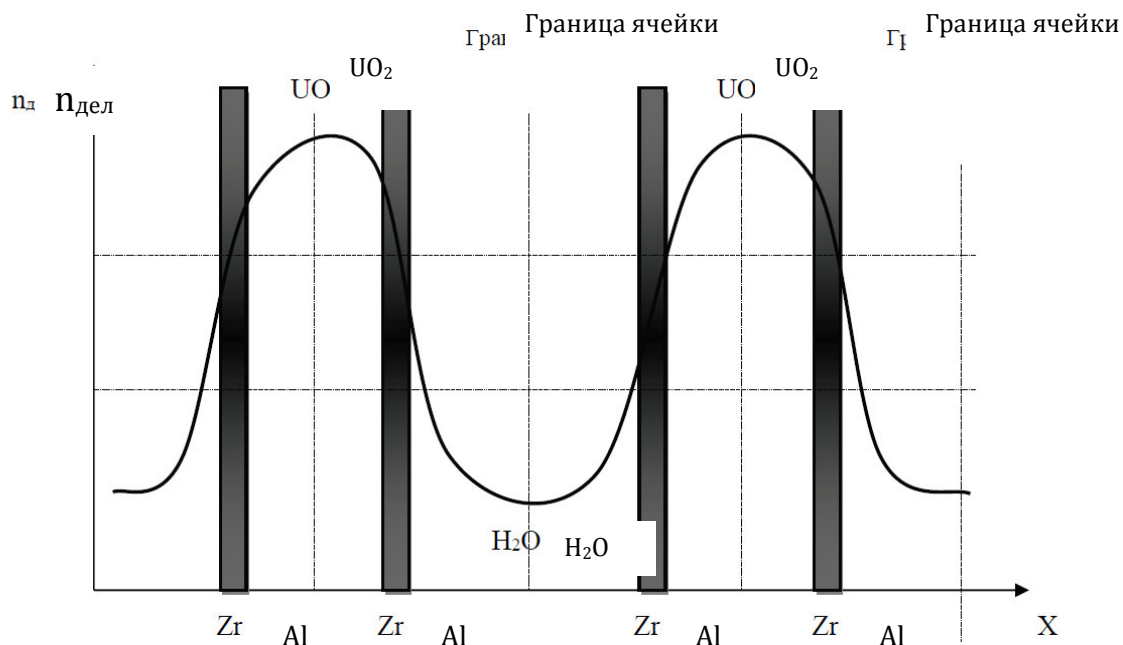
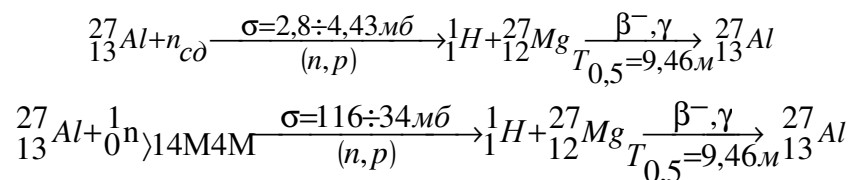


Рис. 1. – Характеристика распределения нейтронов деления по радиусу многозонной ячейки

Таким образом, согласно рисунку, налицо пространственная неравномерность плотности нейтронов $n_{\text{дел}}(x)$. Это ведет к диффузии нейтронов деления из точки с большей $n_{\text{дел}}$ в точку с меньшей $n_{\text{дел}}$. Значит, почти все нейтроны деления проходят через оболочки ТВЭЛ от центра ядерного топлива к границе замедлителя между ячейками [3, 4].

Материал тепловыделяющего элемента – алюминий, который состоит из ядер $^{27}_{13}\text{Al}$.

Схемы физических моделей взаимодействия таких ядер алюминия с нейтронами уже указанных энергий имеют вид [2, 5, 6]:



Вычисленные средние микросечения представленных реакций будут соответственно равны $\sigma_{\text{сд}} = 3,62 \text{ мбарн}$ и $\sigma_{^{14}\text{MgB}} = 75 \text{ мбарн}$ [2].

Как видно из приведенных реакций, каждый вид взаимодействия, характеризующийся приведенными сечениями, дает 1 ядро водорода против ^1_1H .

Так как оболочка ТВЭЛ из алюминия имеет толщину 1 мм, допускаем, что образующиеся протоны, представляющие собой ядра протия, остаются в толще алюминия, присоединяя на оболочку атома один из свободных в алюминии электронов. Таким образом, в кристаллической решетке сплава АД-1 появляется атом

водорода [7-9]. Назовем этот процесс ядерным гидрированием или ядерным наводороживанием.

Внедренные атомы водорода через эффекты Вигнера [7] могут образовывать вакансии или смещения в кристаллической решетке сплава АД-1, или образовывать дефекты Френкеля [7, 8]. Сами же атомы водорода могут оставаться в междоузлиях решетки или заполнять образовавшиеся в кристаллической решетке вакансии. Кроме того, как нам кажется, атомы водорода могут служить и зарождением новой фазы. Описанные процессы проявляются в изменении механических свойств металла. Проведенные многочисленные опыты по влиянию нейтронного излучения на механические свойства алюминия говорят о росте предела прочности и снижении предела пластичности. Результатом снижения предела пластичности является хрупкость, которая ведет к образованию микротрещин в оболочках ТВЭЛ, через которые газообразные и возгоняющиеся высоко активные продукты деления попадают в теплоноситель-замедлитель (H_2O), повышая его удельную активность и оказывая негативное влияние на эксплуатационные характеристики и безопасность реакторной установки [10].

В связи со сказанным, оценим степень гидрирования оболочек ТВЭЛ реактора ИР-100 за время его работы. Параметром степени гидрирования будет число ядер водорода в 1 см^3 сплава АБ-1.

Допускаем, что всю энерговыработку активной зоны в $2 \cdot 10^6$ кВт·часов достигли при работе на полной мощности 200 кВт. Тогда время работы активной зоны составит 10000 часов или $t_{\text{раб}} = 10^4 \cdot 3600\text{ с} = 3,6 \cdot 10^7\text{ с}$.

Математическая модель процессов для нейтронов спектра деления и нейтронов с $E > 14$ МэВ, дающая количественное соотношение между выгоревшим материнским нуклидом Al и образовавшимся дочерним продуктом водородом, и составленная по схеме физических моделей будет иметь вид [2, 6]:

$$\frac{dN_{Al}}{dt} = -\overline{\sigma_{cd}^{Al}} \cdot \Phi_{cd} \cdot N_{Al}$$

$$\frac{dN_{Al}}{dt} = -\overline{\sigma_{>14\text{МэВ}}^{Al}} \cdot \Phi_{>14\text{МэВ}} \cdot N_{Al}$$

Решение этих математических моделей дает зависимости числа материнских ядер от времени работы активной зоны:

$$N_{Al}(t_{\text{раб}}) = N_0^{Al} \cdot e^{-\overline{\sigma_{cd}^{Al}} \cdot \Phi_{cd} \cdot t_{\text{раб}}}$$

$$N_{Al}(t_{\text{раб}}) = N_0^{Al} \cdot e^{-\overline{\sigma_{>14\text{МэВ}}^{Al}} \cdot \Phi_{>14\text{МэВ}} \cdot t_{\text{раб}}}$$

Число же выгоревших материнских ядер будет равно числу образовавшихся ядер протия, а число ядер водорода будет равно:

$$N_{1H}^{cd} = N_0^{Al} \cdot (1 - e^{-\overline{\sigma_{cd}^{Al}} \cdot \Phi_{cd} \cdot t_{\text{раб}}}), \frac{\text{ядер}}{\text{см}^3}$$

$$N_{1H}^{>14\text{МэВ}} = N_0^{Al} \cdot (1 - e^{-\overline{\sigma_{>14\text{МэВ}}^{Al}} \cdot \Phi_{>14\text{МэВ}} \cdot t_{\text{раб}}}), \frac{\text{ядер}}{\text{см}^3}$$

Подставив числовые значения величин, ранее уже встречавшиеся в тексте, и справочных величин [2], получим концентрацию ядер протия в 1 см^3 сплава АД-1 после выработки $2 \cdot 10^6$ кВт·часов:

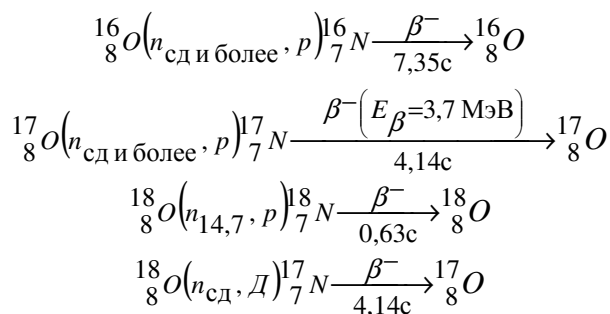
$$N_{1H}^{cd} = 2,91 \cdot 10^{16} \frac{\text{ядер}}{\text{см}^3}$$

$$N_{1H}^{14\text{МэВ}} = 2,5 \cdot 10^{13} \frac{\text{ядер}}{\text{см}^3}$$

В связи с тем, что плотность потока нейтронов с энергией более 14 МэВ является частью плотности потока нейтронов спектра деления, общая степень ядерного гидрирования (наводороживания) оболочек ТВЭЛ из сплава АД-1 реактора ИР-100 за время его работы составит $2,91 \cdot 10^{16}$ ядер/см³.

Рассмотренный способ является внутренним гидрированием оболочек алюминия.

Качественно можно оценить гидрирование алюминия со стороны топлива. Топливная композиция состоит из оксида урана. А природный кислород состоит из трех изотопов (^{16}O – 99,76%; ^{17}O – 0,037%; ^{18}O – 0,204%) при взаимодействии ядер кислорода с нейтронами спектра деления ($E_{0n} = 0,1 \div 18$ МэВ) в результате ядерных реакций образуются протоны [2, 6]:



Если образованные протоны возникают на границе топливо-оболочка и попадают в оболочку, они имеют проникающую способность от нескольких микрон до десятков микрон. В результате потери энергии в кристаллической решетке алюминия или в защитной окисной пленке останавливаются и, присоединяя к себе по одному из свободных электронов, превращаются в атомы водорода.

Аналогичные реакции ядер изотопов кислорода наблюдаются и в воде, поэтому локальное гидрирование оболочек идет не только со стороны топлива, но и со стороны теплоносителя.

Образование протонов в теплоносителе может происходить не только в результате ядерного взаимодействия изотопов кислорода с нейтронами высоких энергий, но и в результате упругого столкновения нейтронов с ядрами водорода. В этом случае образуются высокоэнергетические протоны отдачи, значение энергии которых описывается формулой:

$$E_p \approx E_{0n} (1 - e^{-\xi})$$

где E_{0n} – начальная энергия нейтрона до столкновения (для нейтронов спектра деления $E_{0n} = 0,1 \div 18$ МэВ);

ξ – средний логарифмический декремент потери энергии нейтроном при одном столкновении в рассеивающей среде.

В соответствии со средним логарифмическим декрементом потери энергии при одном столкновении нейтрона с ядром водорода ($\xi = 0,948$) [2] и с рассеянием нейтронов при этих столкновениях ($\overline{\cos\varphi} = 0,324$) [2] энергия генерируемых протонов отдачи составит от 11 до 0,06 МэВ.

Если это произошло на границе вода-алюминий, часть протонов с такой энергией не только за счет термодиффузии, но и за счет высокой их проникающей способности, связанной с высокой кинетической энергией, проникают с границы вода-оболочка внутрь окисной пленки и, даже, в оболочку. Здесь, теряя энергию путем взаимодействия с ядрами металла оболочки, протоны останавливаются и, присоединяя один из множества свободных электронов металла, превращаются в атомы водорода внутри кристаллической решетки металла оболочки [7].

Величину линейного пробега в веществе протона с энергией E_p можно определить из условия равенства массовых пробегов частиц с одинаковым зарядом и с разной удельной плотностью среды [11]. Зависимости пробега протона в воздухе и алюминии от энергии представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Пробег протонов в воздухе и алюминии

Энергия протона, МэВ	Пробег протона в воздухе, см	Пробег протона в алюминии, см
9,2	69,48	0,032
8	56,31	0,027
7	46,05	0,0221
6,7	38,07	0,018
5	27,72	0,0133
3	12,78	0,006
2	7,21	0,0035
0,75	1,48	0,0007
0,5	0,82	0,0004

Наглядно, зависимость пробега протона в алюминии согласно энергетическому спектру представлена на рисунке 2.

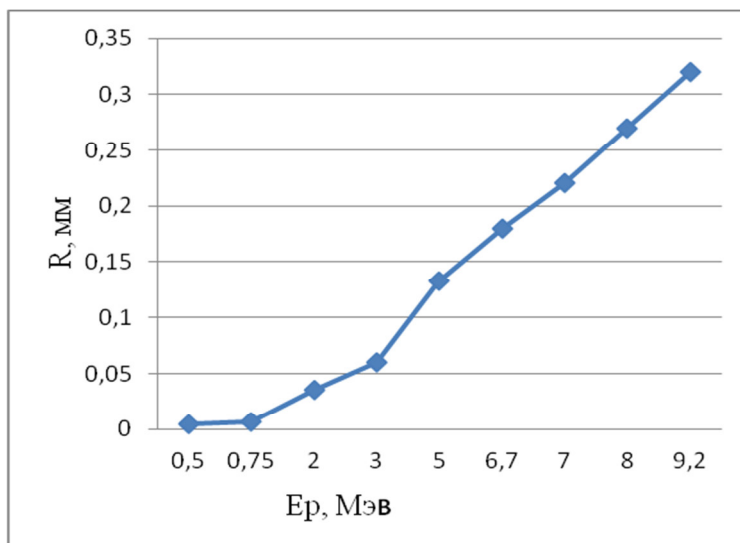


Рис. 2. – Пробег протонов отдачи в алюминии

Таким образом, максимальная длина проникновения протона, образовавшегося на границе вода-металл, при столкновении молекулы воды с нейтроном, обладающим энергией в 9,2 МэВ, составляет для алюминия 320 микрон. При этом, сравнив количество ядер кислорода – источника протонов отдачи, со стороны ядерного топлива и со стороны замедлителя, получим рисунок, качественно описывающий указанный процесс ядерного гидрирования оболочки из алюминия со стороны топлива и замедлителя (рисунок 3).

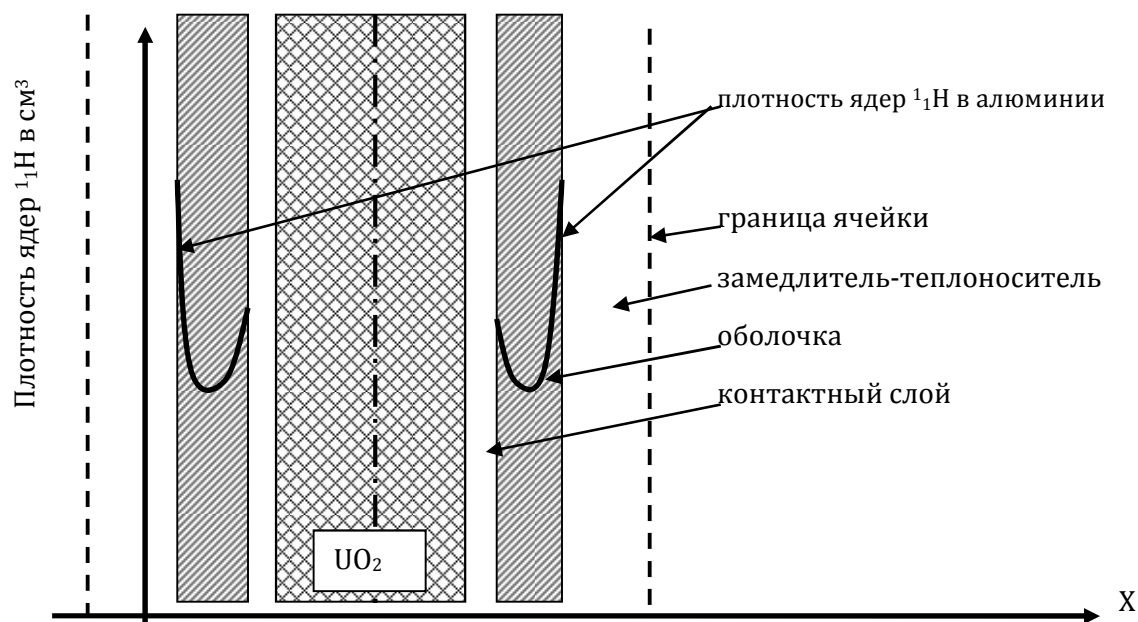


Рис. 3. – Распределение протонов отдачи в оболочке из алюминия со стороны ядерного топлива и со стороны замедлителя

Представленный в описании качественный процесс технологии ядерного гидрирования оболочек ТВЭЛов ВВЭР на тепловых нейтронах, изготовленных из алюминия и его сплавов, позволит разработать меры по устранению отдельных технологических процессов отрицательно влияющих на общую долговечность оболочек ТВЭЛов, изготовленных из алюминия и его сплавов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Определение нейтронно-физических характеристик активной зоны реактора ИР-100 : Отчет о научно-исследовательской работе [Текст] / СНУЯЭиП. — Севастополь, 2003. — 50 с.
2. Гордеев, И.В. и др. Ядерно физические константы. Справочник [Текст] / И.В. Гордеев, Д.А. Кардашев, А.В. Малышев. — М.: Госатомиздат, 1963. — 507 с.
3. Кипин, Дж.Р. Физические основы кинетики ядерных реакторов [Текст] / Дж.Р. Кипин — М.: Атомиздат, 1967.
4. Саркисов, А.А. и др. Физические основы эксплуатации ядерных паропроизводящих установок [Текст] / А.А.Саркисов, В.Н. Пучков. — М. : ЭАИ, 1989. — 504 с.
5. Климентов, В.Б. и др. Активационные измерения потоков и спектров нейтронов в ядерных реакторах [Текст] / В.Б. Климентов, Г.А. Копчинский, В.В. Фрунзе. — М.: Издательство стандартов, 1974. — 207 с.
6. Меднис, И.В. Справочные таблицы для нейтронно-активационного анализа [Текст] / И.В. Меднис — Рига: Издательство «Зинатне», 1974. — 410 с.
7. Бродер, Д.Л. и др. Биологическая защита транспортных реакторных установок [Текст] / Д.Л. Бродер, С.А. Козловский, В.С. Кызыюров, К.К. Попков — М.: Атомиздат, 1969.
8. Чиркин, В.С. Теплофизические свойства материалов ядерной техники. Справочник [Текст] / В.С. Чиркин. — М.: Атомиздат, 1968. — 484 с.

9. Влияние облучения на материалы и элементы электронных схем. Перевод с английского [Текст] / Под ред. В.Н. Быкова и С.П. Соловьева. – М.: Атомиздат, 1967. – 427 с.
10. Бартоломей, Г.Г. и др. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов [Текст] / Г.Г. Бартоломей, Г.А. Бать, В.Д. Байбаков, М.С. Алхутов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 512 с.
11. Левин В.И. и др. Измерение ядерных излучений [Текст] / В.И. Левин, Л.П. Хамьянов. – М.: Атомиздат, 1969.

REFERENCES

- [1] Opređenje nejtronno-fizicheskih harakteristik aktivnoj zony reaktora IR-100 [Definition of neutron-physical characteristics of the reactor core RR-100] : Otchet o nauchno-issledovatel'skoj rabote [Report on research work] / SNUJaFeiP, Sevastopol, 2003, 50p. (in Russian)
- [2] Gordeev I.V., Kardashev D.A., Malyshev A.V. Jaderno fizicheskie konstanty. Spravochnik [Nuclear physical constants. Directory]. M. Pub.: Gosatomizdat, 1963, 507 p. (in Russian)
- [3] Kipin Dzh.R. Fizicheskie osnovy kinetiki jadernyh reaktorov [Physical basis of the kinetics of nuclear reactors]. M. Pub: Atomizdat, 1967 (in Russian)
- [4] Sarkisov A.A., Puchkov V.N. Fizicheskie osnovy jekspluatcii jadernyh paroproizvodjashhih ustanovok [Physical basis of the operation of nuclear steam generating plants]. M. Pub. JeAI, 1989, ISBN 5-283-03764-9, 504 p. (in Russian)
- [5] Klimentov V.B., Kopchinskij G.A., Frunze V.V. Aktivacionnye izmerenija potokov i spektrov nejtronov v jadernyh reaktorah [Activation flow measurement and spectra of neutrons in nuclear reactors]. M. Pub. Izdatel'stvo standartov [Publishing standards], 1974, 207 p. (in Russian)
- [6] Mednis I.V. Spravochnye tablicy dlja nejtronno-aktivacionnogo analiza [Reference tables for neutron activation analysis]. Riga: Izdatel'stvo «Zinatne» [The publishing house "Zinatne"], 1974, 410 p. (in Russian)
- [7] Broder D.L., Kozlovskij S.A., Kyzjurov V.S., Popkov K.K. Biologicheskaja zashhita transportnyh reaktornyh ustanovok [Biological protection of the transport reactor plants]. M. Pub. Atomizdat, 1969. (in Russian)
- [8] Chirkin V.S. Teplofizicheskie svojstva materialov jadernoj tehniki. Spravochnik [Thermal properties of materials for nuclear technology. Directory]. M. Pub. Atomizdat, 1968, 484 p. (in Russian)
- [9] Vlijanie obluchenija na materialy i jelementy jelektronnyh shem. Perevod s anglijskogo. [The effect of irradiation on the materials and the elements of electronic circuits. Translated by English]. Pod red. V.N. Bykova i S.P. Solovjeva. M. Pub. Atomizdat, 1967, 427 p. (in Russian)
- [10] Bartolomej G.G., Bat G.A., Bajbakov V.D., Alhutov M.S. Osnovy teorii i metody rascheta jadernyh jenergeticheskikh reaktorov [Basic theory and methods for calculation of nuclear power reactors]. M. Pub : Jenergoatomizdat, 1989, 512 p. (in Russian)
- [11] Levin V.I. Hamjanov L.P. Izmerenie jadernyh izluchenij [Measurement of nuclear radiation]. M. Pub. Atomizdat, 1969. (in Russian)

About Cover Nuclear Hydrogenation of Aluminum Heat Allocating Elements of Research Reactor RR-100

P.A. Ponomarenko, M.A. Frolova

*Sevastopol State University
1 Kurchatov St., Sevastopol, Crimea, Russia 299016
e-mail: frolova-85@mail.ru*

Abstract – It is known that strength and fluidity increase under the influence of neutron radiation in aluminum and in its alloys, but the plasticity limit decreases that, owing to swelling of fuel composition, leads to cracking of aluminum heat allocating covers. The conducted researches showed that the reason of cracking of aluminum covers of reactors on thermal neutrons, is the slowed-down nuclear hydrogenation of aluminum in neutron fields, and the cracking of covers connected with plasticity loss, depending on the content of hydrogen in a crystal lattice of metal of covers. So, the protons which resulted from nuclear interaction of neutrons and kernels of metal, in connection with their low penetration, remain in a cover and form in it atoms of hydrogen that reduces work durability of aluminum heat allocating covers on their basic purpose.

Keywords: hydrogenation, neutron, aluminum, cover of the heat allocating element, nuclear fuel.

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

УДК 621.039:006.1

**ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА
СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ НА
БЕЗОПАСНОСТЬ СООРУЖЕНИЙ ОИАЭ**

**© 2015 В.С. Опекунов, В.А. Денисов, В.С. Соколов,
А.В. Стамбулко, Н.Н. Чупейкина**

НП Саморегулируемая организация атомной отрасли, Москва, Россия

Сегодня, в условиях стремительного развития новых технологий и жесткой конкуренции, образовательный проект СРО атомной отрасли, как никогда, актуален. Его реализации уделяется большое внимание в программах развития СРО атомной отрасли на 2014-2015 годы и на 2015-2016 годы.

Одним из основных критериев, определяющих качество строительно-монтажных работ на предприятиях атомного профиля, является уровень квалификации руководителей, специалистов, линейного персонала и квалифицированных рабочих строительных организаций и предприятий.

Исходя из потребности организаций-членов СРОАО в получении новых компетенций, ежегодно разрабатываются дополнительные программы повышения квалификации, увеличивается количество проводимых учебных курсов. Формирование групп слушателей проводится по заявкам предприятий на основании ежегодных планов-графиков и перечней имеющихся учебных программ ДПО.

Динамика показателей повышения квалификации в рамках образовательного проекта СРО атомной отрасли приведена в статье.

В 2014 году с момента открытия учебного полигона в соответствии с Межотраслевыми правилами по охране труда повысили квалификацию 146 специалистов и 224 квалифицированных рабочих. С 2015 года Министерством труда и социальной защиты расширен перечень руководителей и специалистов, подлежащих обучению безопасным методам и приемам работ на высоте, при этом выделены категории и группы по безопасности персонала. В соответствии с новыми требованиями в 2015 году реализуется 5 программ, по которым уже прошли обучение 109 инженерно-технических работников и 732 квалифицированных рабочих.

Таким образом, реализация Образовательного проекта СРОАО в части повышения квалификации руководителей и специалистов по программам ДПО и подготовки квалифицированных рабочих, обеспечивает строительные площадки предприятий, подведомственные ГК «Росатом», квалифицированным персоналом.

Ключевые слова: Саморегулируемая организация атомной отрасли, атомная отрасль, курсы повышения квалификации.

Поступила в редакцию 10.12.2015 г.

Одним из основных критериев, определяющих качество строительно-монтажных работ на предприятиях атомного профиля, является уровень квалификации руководителей, специалистов, линейного персонала и квалифицированных рабочих строительных организаций и предприятий.

СРО атомной отрасли с 2010 года реализует образовательный проект, направленный на развитие отраслевой системы повышения квалификации

руководителей и специалистов организаций–членов СРО НП «СОЮЗАТОМСТРОЙ», СРО НП «СОЮЗАТОМПРОЕКТ», СРО НП «СОЮЗАТОМГЕО».

Сегодня, в условиях стремительного развития новых технологий и жесткой конкуренции, образовательный проект СРО атомной отрасли, как никогда, актуален. Его реализации уделяется большое внимание в программах развития СРО атомной отрасли на 2014-2015 годы и на 2015-2016 годы.

Повышение квалификации по программам дополнительного профессионального образования организовано в двенадцати образовательных учреждениях, расположенных в городах: Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Новосибирск, Томск, Красноярск, Иваново, Нововоронеж, Сосновый Бор, Волгодонск, Озерск.

Исходя из потребности организаций-членов СРОАО в получении новых компетенций, ежегодно разрабатываются дополнительные программы повышения квалификации, увеличивается количество проводимых учебных курсов. Формирование групп слушателей проводится по заявкам предприятий на основании ежегодных планов-графиков и перечней имеющихся учебных программ ДПО.

Динамика показателей повышения квалификации в рамках образовательного проекта СРО атомной отрасли приведена в таблицах №№ 1–3.

Таблица 1. – Количество программ повышения квалификации, по которым ежегодно проводится повышение квалификации

	2010 год	2011 год	2012 год	2013 год	2014 год	2015 план
СРО НП «СОЮЗАТОМСТРОЙ»	11	20	23	46	55	60
СРО НП «СОЮЗАТОМПРОЕКТ»	5	9	11	13	14	15
СРО НП «СОЮЗАТОМГЕО»	2	2	2	3	5	5
Всего по СРО атомной отрасли	18	31	36	62	74	80

Таблица 2. – Количество проведенных учебных потоков и слушателей, повысивших квалификацию за счет средств СРО атомной отрасли

	2010 год	2011 год	2012 год	2013 год	2014 год	2015 план
Учебные потоки	53	106	143	235	277	265
Слушатели	1040	2570	3535	3726	4324	3900

Таблица 3. – Образовательные учреждения и количество слушателей, повысивших квалификацию по программам ДПО за счет средств СРО атомной отрасли

Образовательное учреждение	2010 год	2011 год	2012 год	2013 год	2014 год	2015 план
1	2	3	4	5	6	7
НОУ УЦПР г. Москва	–	–	–	934	2186	1930
НОУ УЦПР г.Нововоронеж	–	–	–	209	708	715
ИДПО МГСУ г. Москва	77	203	211	136	-	-
ИДПО ГАСИС НИУ ВШЭ г. Москва	230	989	2058	966	31	45
НОУ ДПО ЦИПК г. Санкт-Петербург	326	950	–	580	395	270

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
СПбГАСУ ИПК г. Санкт-Петербург	–	–	243	143	95	85
ИЯЭ(ф-л) "СПбГПУ" г. Сосновый Бор	–	–	178	104	252	300
ВИТИ ф-л НИЯУ МИФИ г. Волгодонск	–	–	168	175	203	200
АНО СИПК г. Новосибирск	102	217	129	83	101	90
ИПК и ПК ИГЭУ г. Иваново	–	15	248	127	51	45
УрФУ ЦДПО г. Екатеринбург	–	–	196	112	94	40
ЦНО ТГАСУ г. Томск	–	37	36	14	35	40
ИСИ СФУ г. Красноярск	–	–	0	48	60	40
НВ УТЦ АТЭ г. Нововоронеж	–	–	–	75	113	100
другие	94	160	66	20		
Итого:	1040	2570	3535	3726	4324	3900

За пять лет с начала старта образовательного проекта повысили квалификацию по программам дополнительного профессионального образования за счет средств СРО более 15 тысяч специалистов. Затраты СРО на Образовательный проект составили в 2014 году около 65 млн. руб.

В реализации Образовательного проекта СРО в 2015 году можно выделить несколько особенностей:

1) Учебный центр подготовки работников строительного комплекса атомной отрасли (НОУ ДПО "УЦПР") – стал базовым центром Образовательного проекта СРОАО.

Повышение эффективности реализации Образовательного проекта за счет увеличения числа руководителей и специалистов, обучающихся в учебном центре строительного комплекса атомной отрасли – НОУ ДПО «УЦПР», созданного ГК «Росатом» совместно с СРО атомной отрасли. Развитию образовательного процесса в НОУ ДПО «УЦПР» способствуют постоянная актуализация учебных и методических материалов, отражающая специфику строительства объектов использования атомной отрасли, а так же развитие новых компетенций центра.

Центр внесен в реестр Минтруда РФ аккредитованных организаций и реализует ряд программ по направлению «Охрана труда», включая обучение безопасным методам работы на высоте. У центра есть аккредитация НАКСа в качестве центра специальной подготовки сварщиков и специалистов сварочного производства в соответствии с требованиями Ростехнадзора, имеется статус «Уполномоченный центр ТЮФ Рейнланд Групп» в международной системе аттестации сварщиков, специалистов сварочного производства и специалистов неразрушающих методов контроля качества сварки. Получен сертификат одобрения провайдера учебных курсов системы сертификации «Русский Регистр» по программам обучения «Систем менеджмента качества в соответствии с требованиями ISO 9001».

В 2014 году в НОУ ДПО «УЦПР» прошли повышение квалификации по программам дополнительного профессионального образования почти 2900 специалистов, на 2015 году план повышения квалификации – 2650 специалистов.

2) Разработка и внедрение нового программного комплекса СРО атомной

отрасли.

Работа, проводимая в СРОАО по формированию строительного комплекса атомной отрасли, сооружающего сложные инженерные объекты, заключается в консолидации строительных, проектных и изыскательских организаций и объединение их едиными подходами к подготовке кадров, надзорной деятельности, стандартизации.

Качественное переформатирование существующего программного комплекса СРОАО и разработка новых программ, с целью единого подхода в подготовке кадров на базе нового программного комплекса, обеспечит потребность организаций-членов СРО атомной отрасли в повышении квалификации своих специалистов.

Структура программного комплекса (по состоянию на начало 2015 года) показана в таблице 4. Определены четыре направления программного комплекса (ПК): «система управления проектом», «инженерные изыскания», «проектирование» и «строительство». В каждом направлении программного комплекса выделены группы видов работ, специализации строительного комплекса атомной отрасли и укрупненные темы курсов, по которым сгруппированы программы повышения квалификации. Шифры программ указаны в соответствии с существующими Перечнями программ СРО атомной отрасли, размещенными на интернет-сайте atomsro.ru в разделе «Образовательный проект. Учебные программы».

Таблица 4. – Структура программного комплекса СРО атомной отрасли

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОМ (СУП)	
1	Организация работ застройщиком (техническим заказчиком): (C-7(<i>застройщик</i>); C-9; C-10; C-12; C-33; C-11; C-17; C-17.1; C-18).
2	Организация работ генеральным подрядчиком по проектированию: (П-13).
3	Организация работ генеральным подрядчиком по строительству: (C-7).
ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ	
1	Инженерно-геодезические изыскания: (ГЕО-1; ГЕО-1.2; ГЕО-1.6).
2	Инженерно-геологические изыскания: (ГЕО-2).
3	Инженерно-гидрометеорологические и экологические изыскания: (ГЕО-3).
ПРОЕКТИРОВАНИЕ	
1	Выполнение функций генерального проектировщика: (П-13; П-11).
2	Разработка схемы планирования организации земельного участка: (<i>в разработке</i>).
3	Разработка проектной документации: П-4.1; П-4.1.1; П-4.2; П-4.3; П-5.1; П-5.1.1; П-5.3).
4	Разработка технологических решений: (П-6).
5	Разработка специальных разделов проектной документации: (П-7).
6	Разработка ПОС, ПОР (организации строительства, снос и демонтаж, продление срока эксплуатации и консервации): (П-8).
7	Разработка проектов мероприятий по охране окружающей среды: (П-9).
8	Разработка проектов мероприятий по обоснованию пожарной безопасности: (П-10).
9	Обследование строительных конструкций: (П-12).
СТРОИТЕЛЬСТВО	
1	Работы по организации строительства. Строительный контроль: (C-7.1; C-7.2; C-6.4).
2	Общестроительные работы и монтаж строительных конструкций: (C-1; C-1.1; C-1(л); C-2; C-2(л); C-2.1(л); C-3; C-8; C-14; C-26).
3	Монтажные работы: (C-6; C-6.2; C-6.3(л); C-6.5; C-6.6).
4	Устройство сетей электроснабжения: (C-5; C-20(л); C-15; C-20.1; C-20.2; C-20.3; C-20.4).

Продолжение таблицы 4

5	Устройство сетей водопровода и водоотведения, систем теплоснабжения: (С-4; С-6.1; С-6.2(л)).
6	Пусконаладочные работы электротехнического оборудования: (С-24.32; С-24.32.1; С- 24.32.2; С-24.32.3; С-24.32.4; С-24.32.5; С-24.32.6; С-24.32.7).
7	Пусконаладочные работы электроснабжения: (С-24.4; С-24.6; С-24.7; С-24.9).
8	Пусконаладочные работы систем вентиляции, водоподготовки, водоснабжения, канализации: (С-24.32.8; С-24.32.9; С-24.32.10).
9	Охрана труда и промышленная безопасность: (С-13; С-13.1; С-13.2; С-13.3; С-13.4).
10	Противопожарные требования: (С-19; С-19.1; С-19.2).
11	Программы по подготовке квалифицированных рабочих.

Программы курсов, составляющие в настоящий момент основу программного комплекса, в 2015 году подлежат экспертизе. В основу формирования программ будет положен модульный принцип. Учебные программы, после прохождения экспертизы и актуализации, будут утверждаться для включения в целевой программный комплекс СРОАО. На базе программного комплекса будут разрабатываться новые программы повышения квалификации, необходимые для поддержания уровня квалификационных требований специалистов организаций, актуализироваться действующие. Предусматривается дифференцированный подход к выбору программ повышения квалификации:

- по видам работ, оказывающих влияние на безопасность объектов капитального строительства;

- рекомендуемые для повышения квалификации по отдельным направлениям, к примеру, таким, как экономика, планирование и сметное дело, охрана труда и промышленная безопасность, противопожарные требования и другие.

Возможны разные источники финансирования для реализации курсов, как за счет средств саморегулируемых организаций, так и за счет средств организаций-членов СРОАО.

3) Реализация программы «Обучение безопасным методам и приемам работ на высоте».

С целью обеспечения норм охраны труда и промышленной безопасности при сооружении объектов атомной отрасли в сентябре 2014 года СРОАО был открыт в г. Нововоронеже на площадке учебного комплекса НОУ ДПО «УЦПР» первый в атомной отрасли тренировочный полигон подготовки к выполнению работ на высоте и в опасных условиях.

На полигоне проходит обучение линейный персонал (начальники участков, прорабы, мастера и приравненные к ним специалисты) и рабочие разных строительных специальностей: сварщики, монтажники, электромонтажники. Процесс обучения моделирует реальные условия строительной площадки на тренировочном полигоне, что позволяет слушателям получить прикладные практические знания и навыки выполнения сложных работ на высоте и в опасных условиях.

В 2014 году с момента открытия учебного полигона в соответствии с Межотраслевыми правилами по охране труда повысили квалификацию 146 специалистов и 224 квалифицированных рабочих. С 2015 года Министерством труда и социальной защиты расширен перечень руководителей и специалистов, подлежащих обучению безопасным методам и приемам работ на высоте, при этом выделены категории и группы по безопасности персонала. Направление обучения безопасным методам и приемам работ на высоте стало не просто актуальным, а необходимым. В

соответствии с новыми требованиями в 2015 году реализуется 5 программ, по которым уже прошли обучение 109 инженерно-технических работников и 732 квалифицированных рабочих.

Таким образом, реализация Образовательного проекта СРОАО в части повышения квалификации руководителей и специалистов по программам ДПО и подготовки квалифицированных рабочих, обеспечивает строительные площадки предприятий, подведомственные ГК «Росатом», квалифицированным персоналом.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Опекунов, В.С. и др.* Повышение квалификации специалистов, выполняющих строительно-монтажные и пусконаладочные работы на объектах использования атомной энергии [Текст] / В.С. Опекунов, А.В. Стамбулко // Глобальная ядерная безопасность – 2013. – №2(7). – С. 78–82.
2. *Опекунов, В.С. и др.* Развитие образовательного проекта СРО атомной отрасли. Подготовка квалифицированных рабочих строительно-монтажного комплекса атомной отрасли [Электронный ресурс] / В.С. Опекунов, А.В. Стамбулко, Н.Н. Чупейкина, М.Е. Шорникова // Атомное строительство: сетевой журн. – 2013. – №14. – Режим доступа: URL: http://atomsro.ru/wp-content/uploads/fb_gallery/29/files/assets/seo/page20.html – 15.12.2015.
3. *Опекунов, В.С. и др.* Повышение квалификации специалистов строительных организаций-членов СРО НП «СОЮЗАТОМСТРОЙ» в ВИТИ НИЯУ МИФИ [Текст] / В.С. Опекунов, В.А. Руденко, Ю.В. Заяров, Ю.И. Пимшин, А.В. Стамбулко // Глобальная ядерная безопасность. – 2014. – №2(11). – С. 44–48.

REFERENCES

- [1] Opekunov V.S., Stambulko A.V. Povyshenie kvalifikatsii specialistov, vypolnyayushih stroitelno-montazhnye i puskonaladochnye raboty na obektah ispolzovaniya atomnoj energii [Professional development of the experts carrying out construction and commissioning on objects of nuclear energy usage]. Globalnaya yadernaya bezopasnost [Global nuclear safety]. 2013, №2(7), ISSN 2305-414X, pp. 78–82. (in Russian)
- [2] Opekunov V.S., Stambulko A.V., Chupejkina N.N., Shornikova M.E. Razvitie obrazovatel'nogo proekta SRO atomnoj otrasli. Podgotovka kvalificirovannykh rabochix stroitelno-montazhnogo kompleksa atomnoj otrasli [Development of the nuclear SRO educational project. Training of skilled workers of a construction complex of nuclear branch]. Atomnoe stroitelstvo [Nuclear construction]. Available at: http://atomsro.ru/wp-content/uploads/fb_gallery/29/files/assets/seo/page20.html (in Russian)
- [3] Opekunov V.S., Rudenko V.A., Zayarov Yu.V., Pimshin Yu.I., Stambulko A.V. Povyshenie kvalifikatsii specialistov stroitelnykh organizacij-chlenov SRO NP «SOYuZATOMSTROY» v VITI NIYaU MIFI [Professional development of specialists of the SRO NP "SOYuZATOMSTROY" construction member organizations in VITI NRNU "MEPhI"]. Globalnaya yadernaya bezopasnost [Global nuclear safety]. 2014, №2(11), ISSN 2305-414X, pp. 44–48. (in Russian)

Personnel Skill Level Influence of Construction Organizations on Nuclear Power Constructions Safety

V.S. Opekunov, V.A. Denisov, V.S. Sokolov, A.V. Stambulko, N.N. Chupeykina

*NP Nuclear Self-regulating Organization,
29/1 Bolshaya Ordynka St., Moscow, Russia, 119017
e-mail: stambulko@atomsro.ru*

Abstract – Today the Nuclear self-regulatory organization (SRO) educational project is very actual in the conditions of prompt development of new technologies and fierce competition. Much attention is paid to its realization in development programs of Nuclear SRO for 2014-2015 and for 2015-2016.

One of the main criteria defining installation and construction works quality at the nuclear enterprises is the skill level of heads, experts, the linear personnel and skilled workers of the construction enterprises.

Proceeding from the Nuclear SRO member organizations need for obtaining new competences, additional programs of professional development are annually developed, the quantity of a training courses increases. Formation of training groups is carried out according to demands of the enterprises on the basis of annual plans and available training programs of additional professional education (APE).

Dynamics of professional development results within the Nuclear SRO educational project is given in article.

146 experts and 224 skilled workers improved their skills according to Interindustry rules on labor protection from the moment of a training ground opening in 2014. Since 2015 the Ministry of Labour and Social Protection expanded the list of the heads and experts who should be trained safe methods of height works, thus categories and groups on personnel safety are allocated. According to new requirements 5 programs where 109 engineers and 732 skilled workers have been already trained are realized in 2015.

Thus, implementation of the Nuclear SRO educational project regarding professional development of heads and specialists in the APE programs and of skilled workers, provides building sites, subordinated Rosatom State Corporation, with qualified personnel.

Keywords: Nuclear self-regulatory organization, nuclear branch, advanced training courses.

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

УДК 331.105.4

**КОРПОРАТИВНЫЕ ЦЕННОСТИ В СИСТЕМЕ УСТОЙЧИВОГО
РАЗВИТИЯ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКОНОМИКИ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
(НА ПРИМЕРЕ ГК «РОСАТОМ»)**

© 2015 М.В. Головки, В.А. Руденко

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

Проблема устойчивого экономического развития предприятий российской промышленности не теряет своей актуальности и обостряется в кризисный период. Особую роль в формировании потенциала конкурентоспособности государства на мировом уровне играет атомная энергетика. Именно поэтому разработка механизмов обеспечения ее экономической и эксплуатационной безопасности как факторов устойчивого развития является серьезной государственной задачей.

Цель работы: раскрыть роль корпоративных ценностей в обеспечении устойчивого развития экономики предприятий атомной промышленности и обозначить их место в системе стратегических приоритетов на примере Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» (далее ГК «Росатом»).

Осуществление цели потребовало решения следующих задач:

- обозначить основные критерии оценки уровня устойчивого развития экономики предприятия (организационные, производственно-технологические, человеческие);
- определить ценностные и этические составляющие критериев устойчивого развития;
- рассмотреть специфику деятельности предприятий ГК «Росатом» и, учитывая общенациональную значимость их эксплуатационной и экономической безопасности, обосновать необходимость интеграции корпоративных ценностей в инструментарий стратегического развития.

Основные выводы:

1) Проведенный стратегический анализ внутренних и внешних факторов развития ГК "Росатом" дал возможность сделать вывод о возможности формирования ключевых показателей эффективности отечественной атомной энергетики за счет внедрения достижений научно-технического прогресса, закрепления и развития человеческого потенциала, положительной динамики экономических показателей.

2) Определено, что условием эффективности производственных, инновационных и экономических процессов промышленных предприятий является наличие миссии и системы ценностей в организации. Совокупность ключевых показателей эффективности ложится в основу стратегии перехода к трансграничному оказанию комплексных атомно-энергопромышленных услуг, способствует преодолению мощного сопротивления со стороны иностранных конкурентов, сокращению себестоимости и повышению доступности энергоресурсов всем группам потребителей.

3) Обоснована необходимость формирования приверженности корпоративным ценностям в процессе подготовки будущих специалистов в профильных вузах и раскрыта роль экономических дисциплин для развития экономического мышления, как предпосылки эффективной организации производства согласно принципам Производственной системы "Росатом", поиска наилучших вариантов достижения целей, рационального использования ресурсов компании и совершенствования рабочих процессов. Указанные навыки становятся основой культуры экономической безопасности промышленного предприятия.

В целом, сформированный в процессе обучения интеллектуальный потенциал атомной отрасли, имманентно содержащий корпоративные ценностные ориентиры, является базисом

реализации общегосударственной стратегии инновационного развития, обеспечивающим устойчивое развитие объектов атомной энергетики.

Ключевые слова: корпоративные ценности, экономическая безопасность, экономическое мышление, промышленные предприятия, атомная энергетика, культура экономической безопасности.

Поступила в редакцию 28.11.2015 г.

В современных условиях внешнеэкономической нестабильности актуализируется проблема обеспечения устойчивого развития экономики промышленных предприятий. Экономическая безопасность предприятия является важнейшим фактором устойчивого развития и определяется степенью защищенности его научно-инновационного, технико-технологического, производственного, экономического и человеческого потенциала от негативных факторов внутренней и внешней среды, а также возможностями стратегического развития. Объектами экономической безопасности предприятия являются все виды ресурсов: материальные, финансовые, человеческие, интеллектуальные. Следовательно, ключевыми показателями текущего состояния экономической безопасности, определяющим способность к устойчивому развитию, являются индикаторы производства (динамика выпуска, степень загрузки оборудования, степень износа, доля НИОКР и т.п.), индикаторы финансовой деятельности (портфель заказов, уровень рентабельности, устойчивости, оборачиваемости, ликвидности и т.п.), социальные индикаторы (фонд заработной платы, средняя заработная плата, структура кадров, фонд рабочего времени и потери и т.п.).

Предлагаем рассматривать систему факторов, определяющих устойчивое развитие и безопасность экономики промышленных предприятий, следующим образом:

1) организационные факторы:

- согласование миссии и стратегических целей;
- наличие четких стратегий;
- интегрированная система менеджмента;
- постоянное совершенствование;
- приоритеты;
- передача знаний;
- открытость общения;
- систематические и непрерывные улучшения культуры безопасности;

2) производственно-технологические факторы:

- существующая технология;
- инновационная (усовершенствованная) технология;
- автоматизация производства;
- продление срока службы оборудования;
- стратегические изменения и проч.

3) человеческие факторы:

- стремление к работе;
- сотрудничество и работа в команде;
- обучение и мышление, саморазвитие;
- стресс и усталость;
- мотивация;
- индивидуальный подход;
- доверие;
- демократизация управления, самоуправление.

Угрозы устойчивому развитию экономики промышленных предприятий

формируются во внешней среде микро- и макроокружения, а также во внутренней среде и определяются по различным методикам стратегического анализа – SWOT, PEST, М. Портера, SNW и т.п. Серьезное воздействие на потенциал экономики промышленного предприятия оказывают факторы внутрисистемного свойства, в частности, уровень развития корпоративной культуры. Этот показатель является качественным, измерить его не представляется возможным, но он влияет на указанные выше количественные критерии, определяет эффективность управленческих процессов, коммуникаций в организации, степени сплоченности коллектива и приверженности миссии и т.п. Следовательно, от него зависит результативность взаимодействия всех групп инсайдеров и единообразие восприятия ими системы корпоративных ценностей. Примером понимания высокой значимости и приоритета корпоративных ценностей в организации является ГК "Росатом".

Российская атомная энергетика становится весомым фактором экономического развития и безопасности государства ввиду сохраняющейся нестабильности конъюнктуры мирового рынка энергоносителей. По мнению зарубежных аналитиков, опубликованному информационным агентством Reuters, госкорпорации являются эффективным и мощным инструментом государственной власти. На 2015 год Россия имеет 29 реакторов на различных стадиях планирования и строительства по всему миру, что делает ее очень мощным игроком на рынке ядерного топлива и атомного энергетического машиностроения. Деятельность ГК «Росатом» при активной государственной поддержке позволяет сформировать потенциал устойчивости экономики и национальной безопасности, основанные на росте конкурентоспособности продукции атомного энергетического машиностроения, в свою очередь, влияющей на динамику других отраслевых рынков. Можно заключить, что в российской атомной отрасли реализуется принцип «одного окна» [1], позволяющий реализовывать достаточно агрессивную конкурентную стратегию, включающую горизонтальную, а также форвардную и обратную вертикальную интеграцию:

- обучение специалистов, контрагентов, разработка нормативных требований;
- финансирование и строительство объектов;
- обеспечение объектов ураном;
- дальнейшая утилизация и переработка отработанного атомного топлива.

Дополнительным и очень перспективным инструментом реализации стратегии станут научно-технические, инновационные разработки в сфере атомной энергетики, имеющие международное значение. Данная стратегия направлена на достижение лидерства в отрасли, начиная от добычи топлива и строительства атомных электрических станций, заканчивая предоставлением высокотехнологичных площадок для проведения научных исследований и опытно-конструкторских работ как отечественными, так и зарубежными партнерами. Стратегический анализ факторов внешней и внутренней среды ГК "Росатом" по методике SWOT-анализа представлен на рисунке 1.

На основе представленных данных SWOT-анализа ГК «Росатом», можно сделать вывод, что ключевые показатели эффективности (Key Performance Indicator - KPI) отечественной атомной энергетики (как и предприятий других отраслей промышленности), формируемые за счет внедрения достижений научно-технического прогресса, роста экономической эффективности реализуемых проектов, станут основой стратегии перехода к трансграничному оказанию комплексных атомно-энергопромышленных услуг, будут способствовать преодолению мощного сопротивления со стороны иностранных конкурентов, сокращению себестоимости и повышению доступности энергоресурсов всем группам потребителей.

Вышеизложенное актуализирует проблемы повышения устойчивости экономики

всех промышленных объектов атомной отрасли, а именно, их производственного и инновационного потенциала, обеспечения эксплуатационной и экономической безопасности. Общенациональное значение отрасли и активное участие государства в ее развитии (в частности, в рамках программно-целевого подхода, дающего синергетический эффект), отчасти, нивелирует негативные последствия финансово-экономической нестабильности современной внешней среды. Так, согласно программным документам, для интенсификации научно-исследовательских работ планируется увеличение их финансирования до 4,5% от выручки ГК "Росатом", в Федеральной целевой программе «Ядерные энерготехнологии нового поколения на период 2010 – 2015 годов и на перспективу до 2020 года» предусмотрен общий объем финансирования на плановый период в размере 131464,9 млн. руб., в том числе: за счет средств федерального бюджета 110428 млн. рублей, из них на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы 51772 млн. руб., на капитальные вложения 58656 млн. руб. за счет средств внебюджетных источников 21036,9 млн. руб. [3].

Способствующие факторы	Факторы внутренней среды	
	Сильные стороны	Слабые стороны
	– Консолидированная структура отрасли в рамках ГК «Росатом». – Устойчивость предприятий. – Сильная господдержка отрасли. – Высокий уровень инновационных разработок (фундаментальных и прикладных). – Стратегические программы развития. – Высококвалифицированные кадры. – Высокий уровень обеспечения энергетической безопасности.	– Моральный и физический износ некоторых позиций основных фондов. – Диспропорции в структуре энергопотребления и транспортировки электроэнергии по регионам России. – Снижение платежеспособности населения, рост дебиторской задолженности. – Конъюнктурные колебания на мировом рынке атомно-энергетических ресурсов (особенно после аварии на Фукусима-1). – Недостаточная рентабельность ряда бизнес-единиц в ГК «Росатом».
	Факторы внешней среды	
	Возможности	Угрозы
	– Модернизация и техническое перевооружение предприятий сектора на основе инноваций. – Диверсификация ряда направлений деятельности сектора в смежные виды бизнеса. – Расширение интеграции в глобальную энергетику. – Формирование международной научно-технической кооперации в сфере производства оборудования и строительства объектов атомной энергетики (например, на основе многоцелевого исследовательского реактора на быстрых нейтронах). – Либерализация условий энергетической деятельности с расширением возможности проведения операций на внешнем и внутреннем энергетических и финансовых рынках.	– Развитие кризисных явлений, блокирующих платежеспособный спрос на электроэнергию как на внутреннем, так и на внешнем рынке. – Истощение наработанных научно-исследовательских наработок для развития отрасли. – Появление альтернативных источников электроэнергии. – Кризисные явления в мировой экономике, сокращение финансовых возможностей. – Дискриминационные меры со стороны стран-партнеров в отношении бизнес-единиц атомной отрасли.
Препятствующие факторы		

Рис. 1. – Матрица SWOT-анализа для ГК «Росатом» [2]

Однако не всегда только достаточность финансово-экономического обеспечения стратегических проектов определяет их эффективность. В последнее время актуализируется значение такого неотъемлемого элемента стратегии, как миссия организации, а также общекорпоративная система ценностей, которую знает и разделяет весь персонал. Особое место в исследовании развития предприятий атомной энергетической промышленности занимают работы, посвященные культуре безопасности, раскрывающие роль и значение навыков, профессионализма и личных качеств сотрудников [4,5].

Существует множество подходов к оценке эффективности различных аспектов деятельности предприятия, его конкурентоспособности и устойчивости экономики, в рамках которых особое место отводится кадровой и корпоративной составляющей. При оценке компетенций, формирующих КРП, можно воспользоваться классификацией корневых компетенций, представленных С. Поповым [6], и формулой (1):

$$K_k = \{\sum_{i=1}^n t_i + \sum_{j=1}^m N_j + N_L\}, \quad (1)$$

где K_k – отдельная конкретная корневая компетенция (core competence) конкретной компании;

t_i – i -й первичный конкурентоспособный (уникальный) технологический бизнес-навык предприятия;

N_j – j -й первичный конкурентный (уникальный) нетехнологический бизнес-навык предприятия;

N_L – системный бизнес-навык научения (корпоративного научения) (corporate learning) предприятия;

{ } – условное обозначение особой сложной нелинейной системы.

Таким образом, КРП создаются за счет инновационной активности промышленного предприятия в сфере технологий (технологические бизнес-навыки) и управления (нетехнологические бизнес-навыки), а также способности персонала к обучению и стремление к конструктивным изменениям, которые трудновоспроизводимы и определяют формирование первых двух групп конкурентных навыков. Усиление и развитие этих навыков, по мнению Г. Хамела и К. Прахалада, становится основой любой стратегии предприятия [7].

Согласуются с определенными в начале статьи критериями устойчивости и безопасности экономики промышленного предприятия выводы других исследователей. Например, в работе [8], предлагается алгоритм расчета интегрального показателя устойчивого развития предприятия атомной промышленности по формуле (2):

$$ISD = (SP+PR+IFP) \times OP \times IS, \quad (2)$$

где SP – потенциал человеческих ресурсов (staff potential);

PR – потенциал исследовательский (research potential);

IFP – производственный и финансовый потенциал (industrial and financial potential);

OP – потенциал менеджмента, организационно-управленческих процессов (organizational potential);

IS – потенциал развития отрасли, в которой функционирует предприятие (industry sector).

Как видно из формулы, применяется два корректирующих фактора – оценка

человеческого фактора, определяющего количественные и качественные параметры персонала предприятия, его креативность и инновационность, а также показатель потенциала менеджмента. Последний, по нашему мнению, проявляется не только в согласованности и рациональности управленческих решений, но и в обеспечении стратегической ориентированности, наличия объединяющей корпоративной идеи (миссии) и правильного восприятия ее всем коллективом.

Далее обозначим место системы корпоративных ценностей в стратегии развития ГК «Росатом». Масштабность стратегических целей корпорации, помимо роста затрат на НИКОР, привела к необходимости адаптации ее функциональных и операционных стратегий.

Во-первых, запуск в 2008г. отраслевого проекта «Производственная система «Росатом» (ПСР), ориентированного на рост производительности труда, заработной платы и сокращение издержек производства.

Во-вторых, создание для преодоления негативных тенденций, связанных с мошенничеством инсайдеров (см. подробнее в [9]), Системы внутреннего контроля и аудита (СВКиА) и Совета по повышению прозрачности деятельности ГК «Росатом». Целевыми ориентирами СВКиА, откорректированными до 2015 г., являются максимальная эффективность управления, адаптивность механизмов контроля современным условиям развития госкорпорации, развитие компетенций персонала и системы внутреннего финансового контроля. В рамках ответственности Совета по повышению прозрачности находится контроль и минимизация коррупционных рисков, в частности, аудит эффективности закупочной деятельности ГК «Росатом».

В-третьих, разработка и утверждение в 2014г. системы Единых корпоративных ценностей, как общего вектора развития ГК «Росатом», интегрирующей основные ориентиры:

- «На шаг впереди» – технологическое лидерство на основе наращивания качества;
- «Ответственность за результат» – личная ответственность за достигнутые результаты;
- «Эффективность» – достижение экономической эффективности путем рационального использования ресурсного потенциала ГК «Росатом»;
- «Единая команда» – высокий уровень сплоченности в коллективе, гибкие и эффективные коммуникационные связи, единообразие целей;
- «Уважение» – обеспечение высокого уровня взаимного доверия по отношению к аутсайдерам (контрагентам, партнерам) и достаточной транспарентности организации;
- «Безопасность» – основополагающий приоритет, требующий постоянного и всеобъемлющего контроля.

Представим пример включения рассмотренных приоритетов функциональных и операционных стратегий в стратегическую карту ГК «Росатом» (рисунок 2).

Представленная на рисунке декомпозиция стратегии ГК «Росатом» по методике построения сбалансированной системы показателей (Balanced Score Card, BSC) также показывает, что базисом эффективной реализации стратегии остается человеческий потенциал. Он, в свою очередь, формируется, закрепляется и развивается в организации только при наличии особого подхода к развитию корпоративной культуры, культуры безопасности, которая проявляется через усвоение персоналом методов и практик выполнения своих профессиональных обязанностей с учетом вопросов безопасности.

Культура безопасности создается персоналом организаций непосредственно на рабочих местах на основе достижения трех значимых качеств:

- качество персонала на основе воспитания и образования, профессионализма,

идеологии и приверженности миссии организации, что в совокупности формирует высокий уровень корпоративной культуры и безопасности;

- качество оборудования, определяемое его инновационным уровнем, эксплуатационной надежностью и безопасностью;

- качество технологических процессов, включая их безопасность и четкость технического оформления, документационного сопровождения.

Это становится заделом устойчивого развития экономики промышленных предприятий и позволяет отметить наличие этического аспекта экономической безопасности предприятия, "культуры экономической безопасности" [9]. Свидетельством высокого уровня культуры экономической безопасности становятся оптимизированные производственные затраты, непрерывность и допустимая прозрачность проведения финансово-экономического контроля, положительная динамика показателей экономической эффективности деятельности, рост количества инновационных проектов и доли наукоемкой продукции в общем объеме производства и проч.



Рис. 2. – Место корпоративных ценностей в стратегии ГК «Росатом»
(на примере стратегической карты)

Например, в процессе пилотного внедрения ПСР на Смоленской АЭС, благодаря сокращению продолжительности ремонта на энергоблоке №1 в 2015 году было дополнительно произведено 195,9 млн. кВтч электроэнергии, в два раза сокращены потери рабочего времени и оптимизированы расходы на складские запасы. По мнению экспертов и руководства Смоленской АЭС, эффективность внедрения ПСР

обеспечивается высоким уровнем вовлеченности персонала в проект (более 40% всех сотрудников), стремлением к самосовершенствованию и улучшению результатов командной работы, ростом индивидуальной и корпоративной ответственности за безопасность всех производственно-хозяйственных процессов. В условиях высокого уровня корпоративного восприятия миссии и адаптации к ней всех бизнес-процессов предприятия, высока вероятность достижения такого амбициозного КРП на Смоленской АЭС, как снижение себестоимости электроэнергии на 25% к 2017 году [10].

Практическая реализация корпоративных ценностей достигается при наличии сформированных профессиональных компетенций персонала на основе современного типа экономического мышления. Экономическое мышление в общем виде представляет собой осознание и понимание сущности экономических процессов и законов. В контексте поставленной проблемы его следует трактовать как процесс осмысления работником реальных хозяйственных ситуаций и принятия решений, повышающих эффективность трудовой деятельности, которые определяют экономическое поведение работника и стиль хозяйственной деятельности.

Интенсивное инновационное развитие атомной отрасли повышает значимость экономического аспекта культуры безопасности, проявляющегося в:

- конкурентоспособности предприятий (противодействие угрозам конкурентов, особенно на международном уровне);
- рентабельности, ликвидности, финансовой устойчивости (противодействие угрозе неэффективного использования собственных и нецелевого освоения бюджетных ресурсов, а также банкротства предприятия);
- экономической эффективности инновационных проектов (противодействие угрозе их провала, попыткам инсайдеров заблокировать достижение целей).

Последний показатель очень важен, поскольку любая инновация обязательно содержит три составляющих: новизна, практическая применимость и коммерческая реализуемость. В совокупности это определяет возможность приносить экономическую выгоду ее создателю/распространителю. Именно поэтому экономическое обоснование любого технического решения является одной из важнейших задач в системе обеспечения экономической безопасности и эффективности предприятия, согласуясь с принципами ПСР.

Необходимость завоевания лидерских позиций в атомной отрасли требует более эффективного использования потенциала (интеллектуального и производственного опыта), создание финансово-экономических условий безопасного функционирования атомных станций путём проведения взвешенной тарифной политики, снижения затрат на производство электроэнергии, повышения рентабельности ее производства, повышения эффективности ремонтных работ, улучшение организации труда, применения новых технологий, совершенствования системы отбора персонала, системы подготовки, поддержки и повышения квалификации персонала всех уровней, обеспечения перевода индивидуальных знаний в коллективные и т.п.

Основы экономического мышления призваны закладывать институты, а профильные вузы, готовящие специалистов для атомной энергетики, придают ему специфический характер. К сожалению, техническое образование сужает профессиональные знания, вырабатывает утилитарно-рациональные подходы, переносимые за пределы профессиональной сферы и определенным образом ограничивающие развитие личности. Как показывает действительность, несмотря на прогресс науки и техники, причиной многих техногенных катастроф является человеческий фактор. В связи с этим, полагаем, в систему ценностей ГК «Росатом» органично включены и составляют большую часть такие качества, как ответственность, эффективность, единство и уважение. Комплекс гуманитарных и экономических

дисциплин, преподаваемых в технических вузах, должен стать основой формирования профессиональной компетентности современных инженеров, их способности оценивать последствия своей профессиональной деятельности, в том числе экономические.

Поиск компетентных и инновационных кадров ведется ГК "Росатом" очень тщательно, начиная с выявления талантливых школьников по результатам всероссийских олимпиад по физике и математике, инженерных олимпиад, конкурсов, работы молодежных форумов и т.п. Средний балл абитуриентов, подавших заявление в НИЯУ МИФИ, являющийся профильным вузом для атомной отрасли, постоянно растет, что уже на стартовом этапе создает предпосылки подготовки специалистов высокого уровня.

Волгодонский инженерно-технический институт НИЯУ МИФИ (ВИТИ НИЯУ МИФИ) ведет подготовку кадров для ядерно-энергетического комплекса, являясь неотъемлемым элементом регионального ядерного кластера. В системе данного кластера он выполняет роль основного поставщика новых знаний, навыков и технологий, являясь фактором конкурентоспособности. Необходимость формирования указанных навыков нашла отражение в компетентностной модели студентов, обучающихся по образовательной программе «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг». Среди них умения:

- проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных расчетов в области проектирования ядерных энергетических установок (ЯЭУ);
- подготовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа существующих и проектируемых ЯЭУ;
- проводить анализ производственных и непроизводственных затрат на обеспечение необходимого качества продукции;
- разрабатывать проекты элементов и систем АС и ЯЭУ с целью их модернизации и улучшения технико-экономических показателей с использованием современных средств проектирования и новых информационных технологий.

В ВИТИ НИЯУ МИФИ с целью организации тренингов для сотрудников промышленных предприятий ГК «Росатом» научно-педагогическим составом был проведен комплекс научно-исследовательских работ в рамках проекта ПСР. В результате были сформированы и апробированы адаптированные методические материалы по практическому внедрению принципов ПСР («Бережливое производство», «5С») на конкретных участках и подразделениях предприятий. Логическим следствием становится включение принципов ПСР, корпоративных ценностей в содержание преподаваемых гуманитарных дисциплин, что придает последним прикладной характер. Сформированный еще в процессе обучения интеллектуальный потенциал атомной отрасли, имманентно содержащий корпоративные ценностные ориентиры, станет базисом реализации общегосударственной стратегии инновационного развития, обеспечивающим устойчивость, эффективность и безопасность функционирования объектов атомной энергетики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Talbot, D.* Catalysts Expected to Move the Uranium Price [Электронный ресурс] / D. Talbot. – Режим доступа: URL: <http://investingnews.com/daily/resource-investing/energy-investing/uranium-investing/david-talbot-on-uranium-and-the-russia-factor/> – 15.10.2015.
2. *Баитов, А.В. и др.* Сетецентрическое управление энерго-инфраструктурными узлами с ключевым положением атомных электростанций в глобальной энергетике [Текст] / А.В. Баитов, Е.Л. Логинов // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2013. –

- №30(219) – С. 2–10.
3. Федеральная целевая программа «Ядерные энерготехнологии нового поколения на период 2010–2015 годов и на перспективу до 2020 года» [Электронный ресурс] : утв. Постановлением Правительства Российской Федерации от 03 февраля 2010 г. №50. – Режим доступа: URL: <http://fcp.economy.gov.ru/cgi-bin/cis/fcp.cgi/Fcp/ViewFcp/View/2013/298/> – 01.10.2015.
 4. Руденко, В.А. К истории понятия «культура безопасности» [Текст] / В.А. Руденко // Глобальная ядерная безопасность. – 2014. – №3. – С. 100.
 5. Евдошкина, Ю.А. Формирование культуры безопасности личности как новое направление образовательного процесса в техническом вузе [Текст] / Ю.А. Евдошкина // Глобальная ядерная безопасность. – 2013. – №2(7). – С. 93.
 6. Попов, С.А. Конкурентоспособная стратегия на основе корневых компетенций [Текст] / С.А. Попов // Экономические стратегии. – 2010. – №11. – С. 69–78.
 7. Prahalad C.K., Hamel G. Strategic Intent // Harvard Business Review. – 1989. – №67(3). – С. 92–101.
 8. Алмазова, А.А. Стратегическое управление стратегическим развитием предприятий атомной отрасли [Текст] / А.А. Алмазова : Дисс. канд. эконом. наук. – Нижний Новгород, 2014. – С. 104.
 9. Головкин, М.В. Культура экономической безопасности и ее стратегическое значение для атомной энергетики [Текст] / М.В. Головкин // Глобальная ядерная безопасность. – 2015. – №2(15). – С. 100–105.
 10. Смоленская АЭС на 25% планирует снизить себестоимость электроэнергии до 2017 года за счет использования производственной системы «Росатом» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.atomic-energy.ru/news/2015/11/25/61426> – 10.12.2015.

REFERENCES

- [1] Talbot D. Catalysts Expected to Move the Uranium Price. May, 12. 2015. Available at: <http://investingnews.com/daily/resource-investing/energy-investing/uranium-investing/david-talbot-on-uranium-and-the-russia-factor/> (in English)
- [2] Baitov A.V., Loginov E.L. Setecentricheskoe upravlenie energo-infrastrukturnymi uzlami s klyuchevym polozheniem atomnyh elektrostancij v globalnoj energetike [Network centric management of power infrastructure units with key position of nuclear power plants in global power]. Nacionalnye interesy: priority i bezopasnost [National interests: priorities and safety]. 2013, №30(219), ISSN 2073-2872, pp. 2–10. (in Russian)
- [3] Federalnaya celevaya programma «Yadernye energotekhnologii novogo pokoleniya na period 2010–2015 godov i na perspektivu do 2020 goda»: utverzhdena Postanovleniem Pravitelstva Rossijskoj Federacii ot 03 fevralya 2010 g. №50 [Federal target program "Nuclear Power Technologies of New Generation for 2010-2015 and till 2020 on prospect"]. Available at: <http://fcp.economy.gov.ru/cgi-bin/cis/fcp.cgi/Fcp/ViewFcp/View/2013/298/> (in Russian)
- [4] Roudenko V.A. K istorii ponyatiya «kultura bezopasnosti» [To history of the concept "safety culture"]. Globalnaya yadernaya bezopasnost [Global nuclear safety]. 2014, №3, ISSN 2305-414X, p. 100. (in Russian)
- [5] Evdoshkina Yu.A. Formirovanie kultury bezopasnosti lichnosti kak novoe napravlenie obrazovatel'nogo processa v tekhnicheskome vuze [Personality safety culture formation as the new direction of educational process in technical higher education]. Globalnaya yadernaya bezopasnost [Global nuclear safety]. 2013, №2(7), ISSN 2305-414X, p. 93. (in Russian)
- [6] Popov S.A. Konkurentosposobnaya strategiya na osnove kornevykh kompetencij [Competitive strategy on the basis of root competences]. Ekonomicheskie strategii [Economic strategy]. 2010, №11, ISSN 1680-094X, pp. 69–78.
- [7] Prahalad C.K., Hamel G. Strategic Intent. Harvard Business Review. 1989, №67(3), ISSN 0017-8012, pp. 92–101. (in English)
- [8] Almazova A.A. Strategicheskoe upravlenie strategicheskimi razvitiem predpriyatij atomnoj otrasli [Strategic management of strategic development of nuclear branch enterprises]: Dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata ekonomicheskikh nauk [PhD thesis in Economic Sciences]. Nizhny Novgorod [Nizhny Novgorod], 2014, p. 104. (in Russian)
- [9] Golovko M.V. Kultura ekonomicheskoy bezopasnosti i ee strategicheskoe znachenie dlya atomnoj energetiki [Economic safety culture and its strategic importance for nuclear power]. Globalnaya yadernaya bezopasnost [Global nuclear safety]. 2015, №2(15), ISSN 2305-414X, pp. 100–105. (in Russian)
- [10] Smolenskaya AES na 25% planiruet snizit sebestoimost elektroenergii do 2017 goda za schet ispolzovaniya proizvodstvennoj sistemy «Rosatom» [The Smolensk NPP plans to reduce the electric power prime cost till 2017 due to use of a production system "Rosatom" by 25%]. 2015. Available

at: <http://www.atomic-energy.ru/news/2015/11/25/61426> (in Russian)

Corporate Values in the Industrial Enterprises Sustainable Development and Safety Economy (on the Rosatom State Corporation Example)

M.V. Golovko*, V.A. Rudenko**

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

** e-mail: VARudenko@mephi.ru ; ** e-mail: MVGolovko@mephi.ru*

Abstract – BACKGROUND The problem of Russian industry enterprises sustainable economic development doesn't lose the relevance and becomes aggravated during the crisis period. The nuclear power plays a special role in formation of competitiveness potential of the state at world level. For this reason ensuring mechanism development of its economic and operational safety is a serious national objective.

OBJECTIVES We showed a corporate value role in providing sustainable development of nuclear industry economy and designated their place in strategic priorities system on the example of the State corporation on atomic energy "Rosatom" (further Rosatom State Corporation).

It is necessary to solve the following problems:

- to designate the main criteria of level assessment of enterprise economy sustainable development (organizational, production and technological, human);
- to define valuable and ethical components of sustainable development criteria;
- to consider specifics of the Rosatom State Corporation enterprise activity and to prove need of corporate values integration into of strategic development tools taking into account the national importance of their operational and economic safety.

CONCLUSIONS:

1) The carried-out strategic analysis of internal and external factors of Rosatom State Corporation development helped to draw a conclusion on possibility of Russian nuclear power efficiency formation due to scientific and technical progress achievements, human development and economic positive dynamics.

2) It is defined that a condition of production, innovative and economic efficiency of the industrial enterprises is existence of system of values in the organization. Set of efficiency key indicators forms the basis of transition strategy to cross-border rendering complex nuclear and power industrial services, promotes overcoming of powerful resistance from foreign competitors, helps to reduce of prime cost and to increase the energy resources availability to all groups of consumers.

3) Need of corporate value formation in the course of training of future experts in profile higher education institutions is proved. The role of economic disciplines is opened for economic thinking development as prerequisites of the effective production organization according to the "Rosatom" principles, for search of the best objective achievement, rational use of company resources and working process improvement. The specified skills become a basis of economic safety culture.

RESULTS In general, the nuclear branch intellectual potential created in the course of training which is immanently contains corporate values is the basis of nation-wide strategy realization of innovative development providing a sustainable development of nuclear power enterprises.

Keywords: corporate values, economic safety, economic thinking, industrial enterprises, nuclear power, economic safety culture of nuclear power enterprises.

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

УДК 378.+338.22

**КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ И ДИНАМИЧЕСКИЕ
СПОСОБНОСТИ РОССИЙСКИХ НАЦИОНАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ УНИВЕРСИТЕТОВ**

© 2015 Г.Д. Беляева, Г.А. Федоренко, А.Б. Макарец, А.Г. Сироткина

*Саровский физико-технический институт – филиал НИЯУ МИФИ,
Саров, Нижегородская обл., Россия*

В статье рассматриваются подходы к созданию высшими учебными заведениями устойчивых конкурентных преимуществ, обосновывается необходимость формирования и развития динамических способностей вуза в контексте улучшения позиций отечественных национальных исследовательских университетов в мировых рейтингах.

Ключевые слова: высшее образование, динамические способности, конкурентоспособность, вуз, национальный исследовательский университет, НИЯУ МИФИ, устойчивое конкурентное преимущество, интернализация образования, высшее учебное заведение, рейтинги вузов, 5 TOP-100, эффективность деятельности вузов, ведущие мировые университеты, потенциал вуза, рейтинговая оценка, глобальный рынок образования.

Поступила в редакцию 15.11.2015 г.

Модернизация образования в настоящее время стала главной задачей российской образовательной политики. Перед российской высшей школой поставлена задача создания условий для модернизации экономики страны через модернизацию высших учебных заведений, повышение качества образования и развитие образовательных технологий. В этой связи президент РФ В.В. Путин отмечает: “Восстановление инновационного характера нашей экономики надо начинать с университетов – и как центров фундаментальной науки, и как кадровой основы инновационного развития. Международная конкурентоспособность российской высшей школы призвана стать национальной задачей, а к 2020 г. Россия должна иметь несколько университетов мирового класса по всему спектру современных материальных и социальных технологий” [1].

Становление и развитие рынка образовательных услуг в России, а также процессы глобализации и интернализации сферы высшего образования сделали актуальной проблему конкурентоспособности отечественных высших учебных заведений. По мнению министра образования и науки России Д. Ливанова «... в ближайшие пять лет наша система высшего образования столкнется с рядом серьезных потрясений. Это демографическая ситуация: на пятилетнем горизонте у нас будет на 30% меньше граждан в возрасте от 18 до 30 лет. Это серьезное изменение требований к работе университетов со стороны экономики и государства, которое многие университеты не выдержат. Наконец, это *цифровая революция*, которая фактически делает конкуренцию глобальной. Когда у студентов есть доступ к образовательным ресурсам лучших мировых университетов, то конкуренция становится ключевым фактором

выживания»¹. Дмитрий Ливанов особо подчеркнул, что вхождение в 5 ТОП 100 мировых рейтингов должно стать не самоцелью, а проявлением повышения конкурентоспособности российского образования и науки. Министр, отметил, что перед российскими вузами стоит непростая задача – сохранить все лучшее, что есть, дополнив работу лучшими мировыми практиками.

В этой связи актуальной задачей для российской высшей школы становится выход ведущих федеральных и национальных исследовательских университетов на передовые позиции в международных рейтингах. Конкуренция, захватывающая сферу профессионального образования, диктует необходимость оценки качества образовательных услуг и научных достижений вузовских организаций не только внутри национальных образовательных систем. Для достижения успеха необходима международная сопоставимость его условий и результатов, включение в международные профессиональные сети и потоки академической мобильности.

Указом Президента РФ от 7 мая 2012 г. № 599 [2] поставлена задача по обеспечению вхождения к 2020 году не менее пяти российских университетов в первую сотню ведущих мировых университетов согласно мировому рейтингу университетов. Для реализации поставленной задачи был запущен проект «5 ТОП 100» — проект по повышению конкурентоспособности ведущих российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, реализуемый в соответствии с Постановлением Правительства РФ [3].

На основании Распоряжения Правительства РФ от 06.04.13 №529-р был организован и проведен конкурсный отбор отечественных университетов на предоставление государственной поддержки в целях повышения их конкурентоспособности ведущих мировых научно-образовательных центров и соответствия критериями международных рейтингов. В конкурсе приняли участие 54 российских университета, 36 из них прошли первый этап отбора, победителями стали 15 университетов (табл. 1), среди которых 3 федеральных и 11 национальных исследовательских университета, один университет (ЛЭТИ) не имеет специального статуса.

В министерстве образования и науки РФ отмечают, что задача вхождения как минимум пяти российских университетов в верхние строки мировых рейтингов является ключевой задачей и рассматривается как отдельный крупномасштабный проект [4], который должен стать рычагом институциональных преобразований ведущих вузов России. Университетам, пять из которых, по замыслу проекта, через восемь лет должны войти в Топ-100 ведущих мировых университетов, будут выделены на реализацию программ развития целевые средства порядка 5 млрд. рублей в течение пяти лет, плюс распределяемые на конкурсной основе гранты на приглашение ведущих ученых, развитие инновационной структуры и кооперацию с предприятиями в части инновационных разработок.

В течение последних десятилетий глобальная политическая и экономическая картина изменилась настолько, что это не могло не отразиться на высшей школе. Университеты, институты, школы и колледжи в разных странах оказались участниками глобальной конкуренции – нового явления для высших учебных заведений. Сегодня институты конкурируют между собой, конкурируют за талантливых студентов, преподавателей, спонсоров, за потребителей своих выпускников. Они конкурируют как научные школы, как образовательные центры, как центры профессиональной карьеры, как центры переподготовки и переквалификации кадров.

¹ Выступление Дмитрия Ливанова на Петербургском международном экономическом форуме 2013. URL: <http://ria.ru/society/20130621/944993787.html>

Таблица 1. – Российские университеты – участники программы «5 ТОП 100»

	Дальневосточный Федеральный университет		Томский Национальный исследовательский политехнический университет		Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева
	Казанский (Приволжский) Федеральный Университет		Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского		Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
	Московский физико- технический институт (государственный университет)		Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»		Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова
	Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»		Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»		Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики
	Национальный исследовательский Томский государственный университет		Новосибирский национальный исследовательский государственный университет		Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина

В развитых странах мира период понимания и осознания требований и последствий глобальной конкуренции в сфере высшего образования сменился периодом активных действий. Результаты проводимых исследований высшей школы позволили сделать вывод о наличии совершенно определенной стратегии развития у ведущих университетов, то есть практически любой университет тем или иным способом выражает свою миссию, чтобы как можно больше членов общества узнали, в чем состоит его предназначение [5].

Категория конкурентоспособности в настоящее время активно используется для оценки эффективности деятельности вузов. Чтобы стать конкурентоспособными российские вузы должны последовательно и настойчиво идти по пути модернизации содержания и форм образовательной и научной деятельности, аккумулируя все позитивное в отечественном и международном опыте.

Во многих публикациях конкурентоспособность вуза связывается с принадлежащей ему долей локального рынка образовательных услуг, определением степени конкурентоспособности выпускников, уровнем освоения ими профессиональных компетенций в контексте интереса к ним со стороны работодателей [6, 7, 8]. В условиях перехода к инновационной экономике и становления общества знаний конкурентоспособность вуза в долгосрочном периоде может быть обеспечена обязательным наличием инновационного потенциала устойчивого развития и его эффективным использованием для нейтрализации внешних угроз и рыночных факторов дестабилизации. Инновационный потенциал – способности, компетенции и ресурсы, позволяющие разрабатывать, реализовывать, обновлять и продвигать свои образовательные услуги и продукты, научно-технические разработки, научно-

исследовательские и консалтинговые услуги – может быть реализован в контексте концепции динамических способностей – «парадигмы динамических возможностей» (dynamic capabilities paradigm) как наиболее эффективной методологической основы реализации стратегического потенциала вузов.

Известные зарубежные ученые Д. Тис, Г. Пизано и Э. Шуен первыми предложили свой метод «динамических способностей» в 1992 г [9]. Будучи тесно связанной с ресурсным подходом, теория динамических способностей имеет фокусом своих исследований такие составляющие, как компетенции и организационный процесс. Она базируется на синтезе ключевых положений новой институциональной экономической теории, социологии, теории сетей, ресурсной концепции, согласно которым в качестве источников конкурентных преимуществ компании рассматриваются способности последней эффективно взаимодействовать и интегрироваться с окружающей бизнес-средой, ее инфраструктурой и информационным полем. Однако, в отличие от ресурсной теории, она подчеркивает необходимость динамизма.

Эта концепция является целостным подходом к пониманию новых источников конкурентного преимущества. Стратегия динамических возможностей определяет, в каком направлении следует расширять существующие внутренние и внешние компетенции организации, чтобы соответствовать изменениям в окружающем мире. Управление использует динамические возможности для объединения, выстраивания и реформирования внутренних и внешних компетенций. Основой динамических возможностей служит ориентация деятельности организации на процессы, а не на рынки. Благодаря такому подходу можно создавать корпоративные компетенции в зависимости от выбранной стратегии и природы конкуренции [10].

В классической трактовке динамические способности организации определены как «потенциал фирмы в интегрировании, создании и реконфигурации внутренних и внешних компетенций для соответствия быстро меняющейся среде» [11]. Другими словами, «динамические способности делают коммерческие предприятия способными создавать, разворачивать и защищать нематериальные активы, поддерживающие долгосрочную эффективность бизнеса». В рамках данной концепции считается, что динамические способности можно разделить на три основные логические части:

- «ощущение» (sensing) – в применении к предприятию это аналитические системы (или индивидуальные способности сотрудников) для поиска, идентификации, фильтрации, выверки и выбора рыночных возможностей;
- «захват» (seizing) возможностей – управленческие структуры, процессы, модели и стимулы, предназначенные для того, чтобы идентифицированные ранее рыночные возможности нашли свое отражение в деятельности предприятия;
- управление угрозами/трансформация – перманентная настройка и перераспределение материальных и нематериальных ресурсов предприятий с целью извлечения выгоды из рыночных возможностей.

В качестве конкурентного потенциала вуза рассматривается его способность к воспроизводству образовательных услуг в условиях конкурентного рынка (рис.1). Другими словами, в условиях роста конкуренции на рынке образовательных услуг совокупный потенциал вуза трансформируется в его конкурентный потенциал, поскольку выживаемость и развитие в условиях конкуренции определяются условиями рынка, а значит, конкурентоспособностью вуза.

Общий потенциал вуза можно описать совокупностью его ресурсов и эффективностью их использования. Так, потенциал вуза структурно состоит из человеческого потенциала, учебно-методического, финансово-экономического, научно-инновационного, управленческого (включая организационно-структурный), социального и маркетингового потенциалов [12].

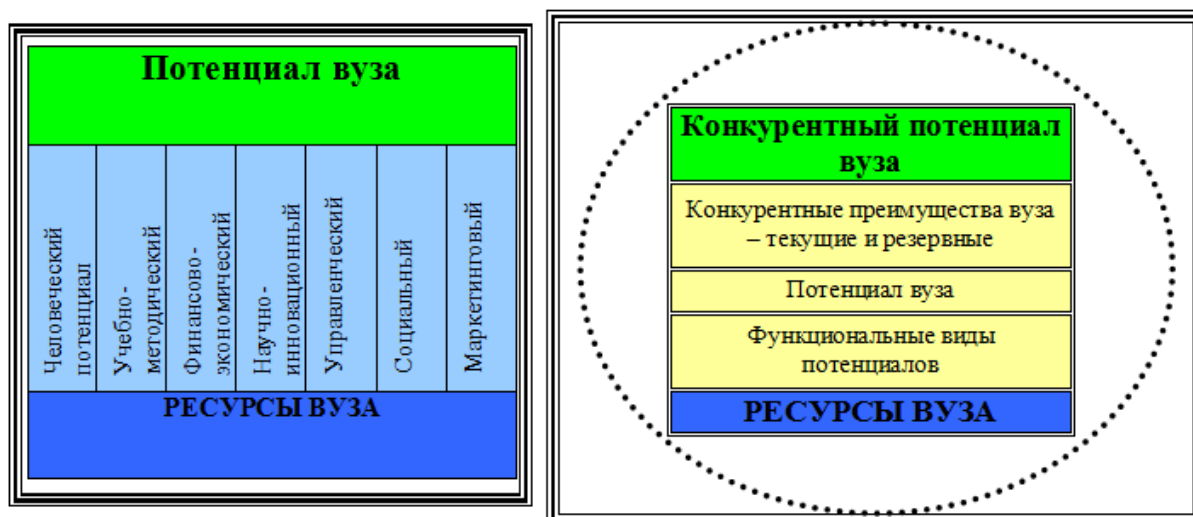


Рис. 1. – Активы высшего учебного заведения, определяющие его динамические способности

Развитие общего потенциала вуза направлено, как правило, на максимально полное использование всех его ресурсов или на загрузку мощностей вуза. Конкурентный потенциал вуза, являясь отражением общевузовского потенциала, формируется под воздействием внешней среды, прежде всего, факторов рыночной конкуренции. Развитие конкурентного потенциала вуза связано с формированием набора конкурентных преимуществ внутри его основных составляющих: в науке, учебно-методической работе, социальной инфраструктуре, маркетинге, системе управления и т.п.

Таким образом, в современных условиях вузы должны обладать способностями, которые позволяют:

- формировать потенциал долгосрочных конкурентных преимуществ, который должен использоваться быстрее и эффективнее конкурентов;
- создавать специальную систему обучения, организационного взаимодействия и мотивации, обеспечивающие гибкость и быстроту реакции на внешние изменения;
- учитывать опосредованность связи динамических способностей и с результатами деятельности вуза, что обусловлено одновременностью и различным уровнем затрат на их поддержание.

Динамические способности вуза определяются не только его образовательным, научным, ресурсным и предпринимательским потенциалом. Уровень динамических способностей зависит от того, как сбалансированы его активы и как вуз может ими управлять (рис. 2). Следовательно, динамические способности вуза являются базисным ядром, обеспечивающим выбор вузом спектра конкурентных образовательных программ, реализуемых на основе новых образовательных технологий, направлений фундаментальных и прикладных научных исследований, наиболее действенных способов коммерциализации их результатов.

Стратегическое управление вузами в рамках концепции динамических способностей должно быть переориентировано с мобилизации и использования операционных способностей на принципиально иные, связанные с распознаванием новых социально-экономических возможностей и потребностей. В основе повышения конкурентоспособности вуза должна быть проактивная («опережающая») стратегия развития, опирающаяся на его динамические способности и способствующая их развитию [13].

В международной практике одним из главных факторов оценки конкурентоспособности высших учебных заведений является их рейтинговая оценка.

Рейтинг определяется по ряду критериев, объективно позволяющих судить о научном, образовательном, инновационном и предпринимательском потенциале вуза. Рейтинг позволяет комплексно оценить не только деятельность вуза, но и его потенциал конкурентных преимуществ, динамизм использования и тенденции его развития. Это даёт возможность увидеть спектр динамических способностей вуза на текущем этапе и вектор их развития, и, соответственно, усиления конкурентных преимуществ.

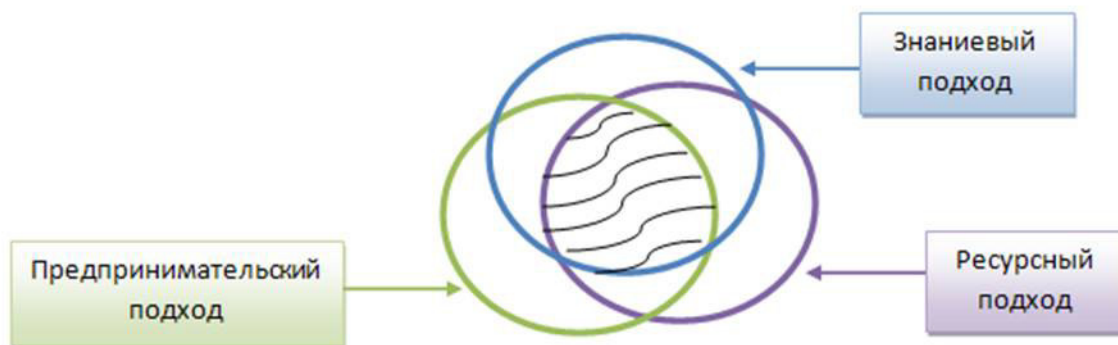


Рис. 2. – Динамические способности высшего учебного заведения при сбалансированности его потенциала

Повышение конкурентоспособности российских университетов должно базироваться на международном опыте ведущих университетов мира. В аналитической записке «Формирование лидирующих университетов: международный опыт» [14] дан перечень основополагающих факторов, характеризующих такое понятие, как «университет мирового класса – лучший университет»:

- высокая квалификация и репутация выпускников на глобальном рынке труда;
- выдающиеся результаты исследований, отраженные в публикациях и премиях;
- активный трансфер технологий на международный рынок и влияние на глобальное развитие;
- формирование среды инновационного развития.

Безусловно, перечисленные факторы успешности вузов напрямую связаны с критериями различных международных рейтингов и отражают тенденции развития динамических способностей и конкурентных преимуществ на современном этапе. Исходя из этого можно выделить причины успеха и хорошей репутации лучших университетов:

- высокая концентрация таланта;
- достаточная обеспеченность ресурсами для создания качественных условий для обучения и проведения передовых исследований;
- конструктивная система управления со стратегическими, инновационными и гибкими подходами.

Таким образом, конкурентоспособность университета мирового класса основывается на динамическом взаимодействии трёх факторов, обеспечивающих развитие его динамических способностей: *концентрации талантов, обеспеченности ресурсами и эффективной системе управления*. Эти факторы определяют основной вектор повышения конкурентоспособности российских университетов на международной арене.

Основная причина того, что российские вузы не занимают ведущих позиций в рейтингах – низкий уровень цитирования наших ученых и профессоров. Для того чтобы российские университеты имели возможность улучшить свои позиции в

международных рейтингах, в рамках проекта 5 ТОП 100 предусмотрено выделение субсидий на повышение конкурентоспособности в мировом сообществе. Уже в 2013 году объем выделенных субсидий для университетов – участников проекта составил 592 миллиона рублей. Также выделяемые в рамках проекта средства направляются вузами на наращивание исследовательского потенциала, привлечение иностранных студентов и преподавателей, изменение системы управления вузом, продвижение отечественного образования на глобальном рынке.

Следует особо отметить, что ряд мировых экспертов и видных представителей академического сообщества все чаще приходят к выводу, что эффективность рейтингования по стандартам, одинаковым критериям для всех, уже не отвечает условиям современного рынка. Изменился глобальный абитуриент, изменились в сторону индивидуализированности его подходы к выбору вуза, изменяются потребительские предпочтения на рынке образовательных услуг. Поэтому стратегически важным вопросом становится не только усиление позиций в стандартных рейтингах, а определение конкретным вузом собственных конкурентных преимуществ, которые позволят составить собственный (внутренний) рейтинг и занять в нем ведущую позицию.

Составление рейтинга позволяет увидеть, что среди критериев конкурентоспособности высшего учебного заведения на первое место выходят нематериальные составляющие. Для сферы высшего образования характерны такие нематериальные факторы конкурентоспособности как бренд и имидж вуза, известность, квалификация преподавателей, их репутация, востребованность выпускников на рынке труда, и т.д.

Например, рейтинг компании QS (с 2010 г. самостоятельно составляющей рейтинги вузов) делит вузы по шести показателям: репутация в академической среде, отношение к выпускникам работодателей, цитируемость публикаций преподавателей вузов, соотношение числа преподавателей и студентов, количество иностранных студентов и преподавателей в университете.

Для другого всемирного рейтинга университетов Times Higher Education (THE) [15] анализ групп весовых составляющих коэффициентов, позволяет увидеть, что по обобщенным оценочным характеристикам они распределяются следующим образом (рис. 3):

- человеческие ресурсы – пять показателей (17,75% по сумме весовых коэффициентов);
- финансовые ресурсы – три показателя (10,75%);
- репутация вуза – два показателя (33,0%);
- результативность научных исследований – три показателя (38,5%).

Механизм управления конкурентоспособностью образовательного учреждения, имея общую логику функционирования с подобными механизмами предпринимательских структур, обладает своими особенностями, обусловленными сущностью образовательной услуги, ее жизненным циклом, иерархией образовательных потребностей, что обуславливает необходимость учета специфических факторов при формировании системы обеспечения конкурентоспособности высшего учебного заведения.

Сложность разработки и построения механизма поддержания конкурентоспособности конкретного вуза обуславливает необходимость использования для ее обеспечения комплекса специальных методологических приемов, важнейшим из которых, по нашему мнению, является выявление ключевых факторов успеха на конкретном сегменте рынка образовательных услуг и эффективное управление ими как элементами предпринимательского потенциала вуза.

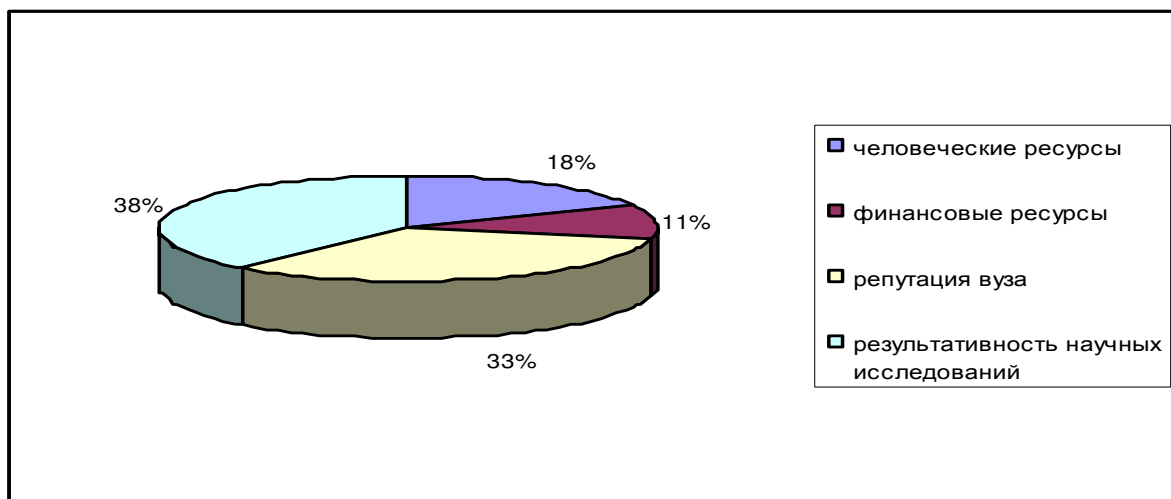


Рис. 3. – Распределение групп весовых коэффициентов мирового рейтинга конкурентоспособности THE

При этом можно выделить следующие факторы, позволяющие вузу обеспечить свою конкурентоспособность в современных условиях, увязанных с концепцией динамических способностей:

- гибкость, способность быстро и адекватно реагировать на изменения требований потребителей образовательных услуг;
- поиск внутренних и внешних возможностей повышения конкурентоспособности;
- ориентация на текущие и перспективные потребности потребителей;
- умение эффективно управлять сбалансированным потенциалом вуза;
- способность предлагать и принимать инновационные программы и технологии обучения;
- восприимчивость к новым методам и технологиям, умение применять новое на практике, ориентация на постоянное развитие;
- способность выбирать наиболее эффективные подходы к обучению и использовать различные методы для повышения его эффективности обучения;
- полный цикл обучения – от довузовской подготовки до магистратуры, аспирантуры, докторантуры, система повышения квалификации;
- наличие хорошей материально-технической базы и местоположение высшего учебного заведения;
- квалифицированный профессорско-преподавательский состав вуза;
- положительный имидж вуза;
- развитие научно-исследовательского процесса в вузе.

Для улучшения положения российских университетов в мировых рейтингах возможны несколько подходов:

1) Фокусирование на задаче повышения индикатора с максимально высоким удельным весом (например, количество иностранных студентов, индекс цитируемости преподавателей, количество публикаций в международных изданиях – для рейтинга THE). Однако при этом подходе существует риск неверного выбора фокуса и недостаточного внимания другим важным параметрам развития вуза в погоне за рейтингами [16].

2) Одновременное увеличение нескольких индикаторов на несколько долей вне зависимости удельного веса каждого из них. При таком подходе общая позиция в рейтинге усилится за счет совокупного изменения индикаторов в нескольких категориях (например, одновременно стремиться к повышению численности

иностранных студентов, а также привлекать иностранных преподавателей к ведению научной и преподавательской деятельности, что автоматически повысит число международных исследовательских проектов в рейтинге QS). По сравнению с первым подходом этот более сбалансирован и позволяет усиливать работу сразу по нескольким направлениям:

3) Изменить позиционирование на мировом рынке образования за счет развития устойчивого конкурентного преимущества (например, продвигать фундаментальное классическое образование или участие в серьезных исследовательских проектах студентов естественно-научных специальностей), и, таким образом, стать номером один в выбранной нише – это позволит претендовать на верхние строчки узкоспециализированных рейтингов.

Очевидно, что повышение позиций в рейтингах предполагает решение ряда важных задач. Это рост числа публикаций в международных научных журналах, числа цитирований, доли студентов и преподавателей из-за рубежа, числа высокоцитируемых ученых, нобелевских лауреатов среди выпускников и работников университета, статей в самых авторитетных научных журналах – Nature и Science, репутации в академической среде и в среде работодателей. Для продвижения в QS особенно важны:

- академическая репутация (40% в общем итоге);
- соотношение численности профессорско-преподавательского состава (ППС) и студентов (20% в общем итоге);
- индекс цитирования на одного преподавателя (20% в общем итоге).

Для продвижения в Шанхайском рейтинге [17] ключевыми параметрами являются – число лауреатов Нобелевской премии или премии Филдса среди сотрудников, число публикаций в Nature и Science, статей в международных научных журналах и высокоцитируемых ученых (все по 20% в общем итоге).

Для рейтинга ТНЕ [15] ключевые факторы – число цитирований на статью (30%), репутация в научно-исследовательской (18%) и образовательной (15%) сферах (рис. 3).

Представленные подходы легли в основу разработки стратегии повышения конкурентоспособности НИЯУ МИФИ и его региональных подразделений. Ключевыми направлениями развития университета, обозначенными в «дорожной карте», стали повышение эффективности научно-исследовательской деятельности, усиление публикационной активности в международных изданиях, кадрового потенциала вуза, в том числе за счет массового привлечения исследователей международного уровня, улучшения учебных программ, привлечение иностранных студентов.

НИЯУ МИФИ представляет собой регионально распределенную сеть структурных подразделений, осуществляющих подготовку кадров в рамках единого образовательного пространства и проводящих передовые научные исследования в интересах высокотехнологичных отраслей. Стратегия развития университета предусматривает комплекс мер по повышению его конкурентоспособности как во внутри страны, так и на международном рынке. Это будет способствовать ускорению инновационного развития регионов путем реализации программ воспроизводства кадров для градообразующих предприятий атомной отрасли, интеграции науки, образования и производства, внедрения новых информационных технологий [18]. Для реализации плана повышения конкурентоспособности университета была разработана, принята и прошла отбор, а также признана одной из лучших Программа повышения конкурентоспособности НИЯУ МИФИ [19].

Для оценки хода реализации Программы будут использованы обязательные и дополнительные показатели, целевые значения которых в 2020 г. составят:

1) Позиция НИЯУ МИФИ (с точностью до 50) университета в ведущих мировых рейтингах: рейтинг QS, общий список – 51-100, рейтинг ТНЕ, общий список – 121-170,

а также рейтинг QS, предметный список «Physics & Astronomy» – 51-100 или рейтинг THE, предметный список «Physics Sciences» или «Engineering and Technologies» – 51-100.

2) Количество статей в Web of Science и Scopus с исключением их дублирования на 1 НПП²-6,0 за отчетный период.

3) Средний показатель цитируемости на 1 НПП, рассчитываемый по совокупности статей, учтенных в базах данных Web of Science и Scopus, с исключением их дублирования – 80 ед.

4) Доля зарубежных профессоров, преподавателей и исследователей в численности НПП, включая российских граждан-обладателей степени PhD зарубежных университетов – 14%.

5) Доля иностранных студентов, обучающихся на основных образовательных программах вуза (считается с учетом студентов из стран СНГ), – 17%.

6) Средний балл ЕГЭ студентов вуза, принятых для обучения по очной форме обучения за счет средств федерального бюджета по программам бакалавриата и программам подготовки специалистов, – 85 ед.

7) Доля доходов из внебюджетных источников в структуре доходов вуза – 52%.

8) Дополнительные показатели:

– доля студентов и аспирантов, вовлеченных в инновационную деятельность и научные исследования на платной основе, – 30%;

– доля инженерных ООП³, аккредитованных по международным стандартам, а ООП, реализуемых в НИЯУ МИФИ в интересах Госкорпорации «Росатом» и других мировых высокотехнологичных компаний, – 100%;

– доля выпускников, трудоустроенных в атомной отрасли, прошедших сертификацию квалификации в рамках системы контроля качества ядерного образования, – 100%.

– доля доходов от НИОКР в сумме доходов университета (без учета средств на капитальное строительство и субсидии Программы) – 46,5%.

Системная проработка и активизация потенциальных возможностей вуза в достижении целевых показателей Программы повышения конкурентоспособности позволила успешно выполнить очередной этап реализации программы. Так, 12–13 февраля 2015 г. в Томске состоялся девятый семинар-конференция, на котором были проанализированы результаты выполнения планов мероприятий по реализации вузами-победителями программ повышения конкурентоспособности («дорожных карт») в 2014 году. Директор Проектного офиса «5 ТОП 100» М. В. Антонов в своем докладе отметил, что НИЯУ МИФИ по сумме 9 показателей результативности набрал наибольшее количество баллов среди всех вузов-участников и занял I место [20]. Это показывает, что для повышения конкурентоспособности руководством университета была выбрана эффективная стратегия, что дало возможность максимально актуализировать динамические способности вуза и достичь всем коллективом высоких результатов.

Еще одним показателем достижений отечественных университетов в области конкурентоспособности на мировом уровне являются результаты мирового рейтинга университетов Worldwide Professional University Rankings RankPro 2014/2015, составленного в рамках международной программы «Глобальный мировой коммуникатор. Образование и наука» (Global World Communicator) и опубликованного Международным Советом ученых (ICS) совместно с Академией наук Латвии. При составлении списка лидеров учитывалось 3 критерии: академическая репутация вуза

² На 1 научно-педагогического работника

³ ООП – основные образовательные программы

(публикационная активность, качество и условия обучения), общественная репутация (данные национальных и международных рейтингов, экспертная оценка членами ICS), информативность сайта университета (доступность, полнота и привлекательность информации, рассчитанной на иностранного пользователя).

В этом году вузам – участникам Проекта 5 ТОП 100 [4] удалось совершить качественный рывок. Новосибирский государственный университет взлетел с 217-й позиции на 43-ю, продемонстрировав второй результат среди российских вузов после МГУ им. М.В. Ломоносова. Еще одним очевидным успехом стало попадание в топ-100 МФТИ (77-е место), в 2014 году довольствовавшегося позицией в пятой сотне.

Составители RankPro также ранжировали учебные заведения по каждому из критериев оценки. В категории «Академический рейтинг» НГУ, заняв 23-е место в мире, оставил позади другие российские вузы. Среди ста лидеров по этому показателю – еще два участника Проекта 5-100, МФТИ (37) и НИЯУ МИФИ (54).

В общей сложности авторы RankPro включили 26 российских университетов, среди которых 10 участвуют в Проекте 5 ТОП 100. Помимо НГУ и МФТИ наиболее заметного прогресса по сравнению с прошлым годом достиг НИЯУ МИФИ (134-е место против 500-го). ННГУ им. Н.И. Лобачевского в 2014 году в рейтинг не попал, а сейчас занял 492-ю позицию. Среди 500 лучших были также отмечены ТПУ (194), УрФУ (378), ДВФУ (416), ВШЭ (429), СПбПУ (448), КФУ (473).

Таким образом, повышение конкурентоспособности российских вузов на основе их динамических способностей является первостепенной задачей для отечественной системы высшего образования. Укрепление позиций российских университетов в мировых рейтингах позволит им кардинально пересмотреть подходы к своей деятельности и перейти к парадигме опережающего развития в соответствии с закономерностями и тенденциями развития высшего профессионального образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Путин, В.В. О наших экономических задачах / В.В. Путин // Официальный сайт партии «Единая Россия». [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://er.ru/news/73145/> – 10.11.2015.
2. Указ Президента России от 7 мая 2012 г. № 599 «О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://минобрнауки.рф/документы/2257> – 10.11.2015.
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 марта 2013 года № 211 «О мерах государственной поддержки ведущих университетов Российской Федерации в целях повышения их конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров». [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://минобрнауки.рф/документы/3208> – 10.11.2015.
4. Проект по повышению конкурентоспособности ведущих университетов Российской Федерации. Официальный сайт проекта «5Топ100». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.5top100.ru> – 10.11.2015.
5. Макарец, А.Б. и др. Закономерности и тенденции развития отечественного высшего профессионального образования [Текст] / А.Б. Макарец, Г.Д. Беляева // Вестник Саровского физтеха. – 2009. – №16. – Саров; Саранск: Тип. «Красн. Окт.», 2009. – С. 53–72.
6. Рубин, Ю.Б. Рынок образовательных услуг: от качества к конкурентоспособным бизнес-моделям [Текст] / Ю. Б. Рубин // Высшее образование России. – 2011. – № 3.
7. Неретина, Е.А. Бизнес-модель компании, базирующаяся на потребительской ценности [Текст] / Е.А. Неретина // Маркетинг в России и за рубежом. – 2013. – №2. – С. 104–108.
8. Бойченко, Е.А. Маркетинг образовательных услуг: специфика, позиционирование, конкурентоспособность [Текст] / Е.А. Бойченко // Материалы авторского семинара. 7-8 декабря 2009 г. – М.: Гильдия маркетологов, 2009.
9. Teece, D.J., Pisano, G., Shuen, A. Dynamic Capabilities and Strategic Management // Strategic Management Journal. – 1997. – Vol. 18. – №7. – pp. 509–533.

10. *Неретина, Е.А.* Динамические способности и стратегическая архитектура компании [Электронный ресурс] / Е.А. Неретина // Известия вузов. Поволжский регион. Общественные науки. – 2011. – №1. – Режим доступа: URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/dinamicheskie-sposobnosti-i-strategicheskaya-arhitektura-kompanii> – 10.11.2015.
11. *Катькало, В.С.* Эволюция теории стратегического управления : монография [Текст] / В.С. Катькало. – СПб.: Издательский дом СПб. государственного университета, 2006. – 548 с.
12. *Чуйкин, А.М.* Концепция динамических способностей и анализ стратегического потенциала обучающейся организации [Электронный ресурс] / А.М. Чуйкин // Вестник Балтийского федерального университета им. Канта. – 2011. – №9. – Режим доступа: URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-dinamicheskikh-sposobnostey-i-analiz-strategicheskogo-potentsiala-obuchayuscheysya-organizatsii> – 10.11.2015.
13. *Беляева, Г.Д. и др.* Стратегические приоритеты развития вуза в составе инновационного кластера [Электронный ресурс] / Г.Д. Беляева, А.Б. Макарец, Г.А. Федоренко // Управление экономическими системами. – 2013. – №3. – Режим доступа: URL: <http://www.uecs.ru/teoriya-upravleniya/item/2053-2013-03-26-06-22-48> – 10.11.2015.
14. *Антонова, А.С. и др.* Анализ международного опыта стратегического управления, организации и развития университетов, интегрирующих передовые научные исследования и образовательные программы, решающих кадровые и исследовательские задачи общенациональных проектов и задачи регионального развития [Электронный ресурс] / А.С. Антонова, Д.В. Измestьев, А.Г. Козленко // Отчет по проекту «Организационное, методическое и аналитическое сопровождение формирования сети федеральных университетов». – М., 2008. – Режим доступа: URL: univer.academy.ru – 10.11.2015.
15. Международный рейтинг вузов THE, 2015 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.timeshighereducation.co.uk/world-university-rankings/> – 10.11.2015.
16. *Иноземцева, Е.С.* Российские вузы в зеркале мировых рейтингов [Текст] / Е.С. Иноземцева // Современные исследования социальных проблем. – 2013. – №2(22).
17. Шанхайский рейтинг вузов ARWU, 2015 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.arwu.org/> – 10.11.2015.
18. Концепция развития национального исследовательского ядерного университета МИФИ на 2009–2015 годы и на период до 2020 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: www.mephi.ru – 10.11.2015.
19. Программа повышения конкурентоспособности. Официальный сайт НИЯУ МИФИ. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://mephi.ru/about/competitiveness> – 10.11.2015.
20. *Антонов, М.В.* Предварительный анализ выполнения показателей результативности планов мероприятий по реализации вузами-победителями программ повышения конкурентоспособности («дорожных карт») в 2014 году. [Электронный ресурс] / М.В. Антонов // Материалы 9 семинара-конференции / Томск 12-13 февраля 2015 г., Проектный офис «5 ТОП 100», 2015. – Режим доступа: URL: Основные показатели вузов 2014.pdf – 10.11.2015.

REFERENCES

- [1] Putin V.V. O nashih ekonomicheskikh zadachah. Oficialnyj sayt partii «Edinaya Rossiya» [About our economic aims. Official site of United Russia party]. Available at: <http://er.ru/news/73145/> (in Russian)
- [2] Ukaz Prezidenta Rossii ot 7 maya 2012 g. №599 «O merah po realizacii gosudarstvennoj politiki v oblasti obrazovaniya i nauki» [The decree of the Russian President of May 7, 2012 № 599 "About measures for realization of a state policy in education and science fields".]. Available at: <http://minobrnauki.rf/dokumenty/2257> (in Russian)
- [3] Postanovlenie Pravitelstva Rossijskoj Federacii ot 16 marta 2013 goda № 211 «O merah gosudarstvennoj podderzhki vedushhih universitetov Rossijskoj Federacii v celyah povysheniya ih konkurentosposobnosti sredi vedushhih mirovyh nauchno-obrazovatelnyh centrov» [The resolution of the Russian Federation government of March 16, 2013 No. 211 "About measures of the state support of Russian Federation leading universities for increase of their competitiveness among the leading world scientific and educational centers"]. Available at: <http://minobrnauki.rf/dokumenty/3208> (in Russian)
- [4] Proekt po povysheniyu konkurentosposobnosti vedushhih universitetov Rossijskoj Federacii.

- Oficialnyj sayt proekta «5Top100» [Project on increase of competitiveness of Russian Federation leading universities. Official site of the "5Top100" project]. Available at: <http://www.5top100.ru> (in Russian)
- [5] Makarec A.B., Belyaeva G.D. Zakonomernosti i tendencii razvitiya otechestvennogo vysshego professionalnogo obrazovaniya. Vestnik Sarovskogo fizteha [Regularities and tendencies of development of Russian higher education. Messenger of Sarov State Physics and Technical Institute], 2009, №16, pp. 53–72. (in Russian)
 - [6] Rubin Yu.B. Rynok obrazovatelnyh uslug: ot kachestva k konkurentosposobnym biznes-modelyam. Vysshee obrazovanie Rossii [Market of educational services: from quality to competitive business models. The higher education of Russia], 2011, №3. (in Russian)
 - [7] Neretina E.A. Biznes-model kompanii, baziruyushhayasya na potrebitelskoj cennosti. Marketing v Rossii i za rubezhom, 2013, №2, ISSN 1028-5849, pp. 104–108. (in Russian)
 - [8] Bojchenko E.A. Marketing obrazovatelnyh uslug: specifika, pozicionirovanie, konkurentosposobnost. Materialy avtorskogo seminar. Moskva, 7-8 dekabrya 2009 g [Marketing of educational services: specifics, positioning, competitiveness. Materials of an author's seminar. Moscow, December 7-8, 2009]. M. Pub. Gildiya marketologov [Guild of marketing specialists], 2009. (in Russian)
 - [9] Teece, D. J., Pisano, G., Shuen, A. Dynamic Capabilities and Strategic Management // Strategic Management Journal, 1997, Vol. 18, №7, ISSN 0143-2095, pp. 509–533. (in Russian)
 - [10] Neretina, E.A. Dinamicheskie sposobnosti i strategicheskaya arkhitektura kompanii. Izvestiya vuzov [Dynamic abilities and strategic architecture of the company. News of higher education institutions]. Povolzhskij region. Obshchestvennye nauki [Volga region region. Social sciences.], 2011, №1. ISSN 2072-3016. Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/dinamicheskie-sposobnosti-i-strategicheskaya-arhitektura-kompanii> (in Russian)
 - [11] Katkalo V.S. Evolyuciya teorii strategicheskogo upravleniya: monografiya. SPb.: Izdatelskij dom Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta [Evolution of the theory of strategic management: monograph. SPb.: SPb state university publishing house.], 2006, ISBN 978-5-9924-0037-3, 548 p. (in Russian)
 - [12] Chujkin A.M. Konceptiya dinamicheskix sposobnostej i analiz strategicheskogo potentsiala obuchayushhejsya organizacii [The concept of dynamic abilities and the analysis of strategic capacity of the trained organization]. Vestnik Baltijskogo federalnogo universiteta imeni Kanta [The bulletin of the Baltic federal university of Kant], 2011, №9. ISSN 2310-3698. Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-dinamicheskix-sposobnostej-i-analiz-strategicheskogo-potentsiala-obuchayushhejsya-organizatsii> (in Russian)
 - [13] Belyaeva, G.D., Makarec, A.B., Fedorenko, G.A. Strategicheskie priority razvitiya vuza v sostave innovacionnogo klastera [Strategic priorities of higher education institution development as a part of an innovative cluster]. Upravlenie ekonomicheskimi sistemami [Management of economic systems], 2013, №3, ISSN 1999-4516. Available at: <http://www.uecs.ru/teoriya-upravleniya/item/2053-2013-03-26-06-22-48> (in Russian)
 - [14] Antonova A.S., Izmestev D.V., Kozlenko A.G. Analiz mezhdunarodnogo opyta strategicheskogo upravleniya, organizacii i razvitiya universitetov, integriruyushhih peredovye nauchnye issledovaniya i obrazovatelnye programmy, reshayushhih kadrovye i issledovatel'skie zadachi obshhenacionalnyh proektov i zadachi regionalnogo razvitiya [The analysis of the international experience of strategic management, the organization and development of the universities integrating the advanced scientific researches and educational programs, solving personnel and research problems of national projects and a problem of regional development]. Otchet po proektu «Organizacionnoe, metodicheskoe i analiticheskoe soprovozhdenie formirovaniya seti federalnyh universitetov» [Report on the "Organizational, Methodical and Analytical Maintenance of Formation of a Network of Federal Universities" project], M. 2008. Available at: univer.academy.ru (in Russian)
 - [15] Mezhdunarodnyj rejting vuzov THE [International rating of higher education institutions of THE], 2015 g [2015]. Available at: <http://www.timeshighereducation.co.uk/world-university-rankings/> (in Russian)
 - [16] Inozemceva E.S. Rossijskie vuzy v zerkale mirovyh rejtingov. Sovremennye issledovaniya socialnyh problem [The Russian higher education institutions in a mirror of world ratings. Modern researches of social problems], 2013, №2(22), DOI: <http://dx.doi.org/10.12731/2218-7405-2013-2-18> Available at: <http://journal-s.org/index.php/sisp/article/view/103> (in Russian)
 - [17] Shanxajskij rejting vuzov ARWU [Shanghai rating of higher education institutions], 2015. Available at: <http://www.arwu.org/> (in Russian)
 - [18] Konceptiya razvitiya nacionalnogo issledovatel'skogo yadernogo universiteta MIFI na 2009-2015

- gody i na period do 2020 goda [The concept of development of the national research nuclear university MEPhI for 2009-2015 and for the period till 2020]. Available at: www.mephi.ru (in Russian)
- [19] Oficialnyj sajt NIYaU MIFI. Programma povysheniya konkurentosposobnosti [NRNU MEPhI official site. Program of increase of competitiveness]. Available at: <http://mephi.ru/about/competitiveness> (in Russian)
- [20] Antonov M.V. Predvaritelnyj analiz vypolneniya pokazatelej rezultativnosti planov meropriyatij po realizacii vuzami-pobeditelyami programm povysheniya konkurentosposobnosti ("dorozhnyh kart") v 2014 godu [The preliminary analysis of performance of indicators of productivity of the plans of measures on realization by higher education institutions - winners of programs of increase of competitiveness ("road maps") in 2014]. Materialy 9 seminar-konferencii [перевод]. Tomsk, 12-13 fevralya 2015 g. [9th seminar conference materials], Proektnyj ofis «5 TOP 100» [Project office "5 TOP 100"], 2015. (in Russian)

Competitiveness and Dynamic Abilities of Russian National Research Universities

G.D. Belyaeva, G.A. Fedorenko, A.B. Makarets, A.G. Sirotkina

*Sarov State Physics and Technical Institute
the Branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
6 Duhov St., Sarov, Nizhny Novgorod region, Russia, 607186
e-mail: sarfti@mephi.ru*

Abstract – In article approaches of higher educational institutions creation of steady competitive advantages are considered, need of formation and development of higher education institution dynamic abilities in the context of improvement of Russian national research universities positions in world ratings is proved.

Keywords: the higher education, dynamic abilities, competitiveness, higher education institution, national research university, NRNU MEPhI, steady competitive advantage, education internalization, ratings of higher education institutions, 5 TOP-100, higher education institutions activity efficiency, leading world universities, higher education institution potential, rating assessment, global market of education.

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

УДК 30 : 621-05

**ДЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ
В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
РАБОТНИКОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

© 2015 Н.П. Василенко

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

В статье анализируются деонтологические подходы к рассмотрению профессионального поведения работников атомной отрасли, проводится анализ должного поведения работников в требованиях культуры безопасности в атомной отрасли.

Ключевые слова: деонтология, профессиональная деятельность, культура безопасности, атомная отрасль, профессиональные стандарты атомной промышленности.

Поступила в редакцию 19.12.2015 г.

Деонтологический подход к анализу профессиональной деятельности работников атомной отрасли обусловлен особой ролью человеческого фактора в безопасности ядерного производства.

В современных энциклопедических словарях [4] деонтология рассматривается как отрасль знаний о долге и должном профессиональном поведении, учение (о) профессиональных и моральных обязанностях и правилах поведения работника, профессиональная деятельность которого связана с некой моральной ответственностью перед обществом и людьми, а именно такой деятельностью и является деятельность работников АЭС.

В отчете ГК Росатом по безопасности отмечается, что в 2014 году на предприятиях атомной отрасли были зафиксированы 84 события, связанные с отклонением от требований безопасности при работе с ядерными материалами, радиационными источниками и радиационными веществами. При этом радиационных аварий и превышений установленных пределов радиационных доз облучения не допущено.

В профессиональной среде современного общества наличествуют, в основном, медицинская деонтология, юридическая деонтология, деонтология социальной работы, несмотря на то, что деонтология – междисциплинарная наука, и практически каждая современная профессия формирует собственные представления о должном поведении работников.

По аналогии с подходами к рассмотрению деонтологии в юриспруденции и медицине, деонтология профессиональной деятельности работников атомной отрасли в теоретическом и прикладном значениях можно рассматривать как:

– теорию профессионального долга, должного или морально, обязательного в поведении атомщика по безопасной эксплуатации АЭС;

- область знаний о формировании, развитии и функционировании действующей в атомной отрасли системы норм и кодексов должного профессионального поведения работников АЭС;

- как науку, изучающую международные, региональные и национальные системы требований к поведению работника, с целью придать их поведению и мотивации нравственную аргументацию, утвердить в их профессиональной группе императивные общечеловеческие и групповые ценности;

- как учебную и научную дисциплину, используемую в профессионально-нравственной подготовке кадров для атомной отрасли, в работе по профориентации, воспитанию молодых специалистов.

Учитывая, что «деонтология рассматривается как составляющая этики, так как этика раскрывает сущность профессионального долга, а деонтология выявляет специфику его реализации в конкретных видах взаимоотношений» [3], то деонтологический аспект профессиональной деятельности работников атомной отрасли представлен в Этическом Кодексе ГК «Росатом». Вопрос о внедрении которого рассматривался еще в 2008 году, когда на семинар-совещании: «Кодекс этики Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом»» был озвучен план компании по разработке и внедрению этического кодекса, как закономерного этапа развития отрасли, и в 2009 году был принят [1].

Так как в отличие от «профессиональных обязанностей, профессиональный долг воспринимается специалистом не как нечто, навязанное извне, а как внутренняя нравственная потребность, глубокая убежденность в необходимости определенных действий» [5], то особо необходимо выделить в Кодексе этики ГК «Росатом» обязательства работников по п.3.1. «сохранять и развивать культуру безопасности», где отмечается, что безопасность является внутренней потребностью и важнейшей составляющей деятельности работников корпорации.

В кодексе отмечается, что во всех своих решениях и при любых обстоятельствах работники, в первую очередь, заботятся о безопасности и принимают на себя обязательства должного поведения:

- быть безупречно бдительными в вопросах ядерной, радиационной и промышленной безопасности, охраны труда и экологии;

- применять строго регламентированный и взвешенный подход к реализации мер безопасности;

- осуществлять профилактику возможных нарушений;

- соблюдать принцип «делай правильно, даже когда нет контроля»;

- своевременно и честно сообщать о допущенной ошибке.

Данные обязательства характеризуют не столько профессиональные обязанности, сколько ответственность работников перед коллегами, профессией и обществом по обеспечению безопасности как основного принципа ГК «Росатом».

В данной работе рассматривается деонтологический аспект в культуре безопасности при эксплуатации АЭС, так как именно в ней ярко выражена сопряженность моральных и профессиональных компонентов поведения и действия специалиста.

Среди слушателей курсов повышения квалификации работников АЭС по культуре безопасности, проводился опрос. Слушателям предлагалось высказать свое мнение о том, как они понимают слово «подготовленность» в документе «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций», где «культура безопасности определяется как «квалификационная и психологическая подготовленность всех лиц, при которой обеспечение безопасности АС является приоритетной целью и внутренней потребностью».

В своих ответах слушатели трактовали понятие «подготовленность» как формы должного поведения и личностные качества работников АС, обеспечивающие данную линию поведения. Высказывания работников по должному поведению:

- готовность морально к действиям в любой нештатной ситуации;
- способность принимать верные решения в соответствующих ситуациях;
- адекватность поведения в критической ситуации;
- недопустимость совершения действий во вред безопасности;
- четкость в командах и действиях;
- возможность в любой нештатной ситуации принять решение и действовать соответствующе регламенту и инструкциям, несмотря на стресс и растерянность;
- понимание работником важности выполнения своих обязанностей, осознание ответственности;
- осознание того, что безответственность может привести к необратимым последствиям;
- способность логически мыслить и принимать правильные решения в условиях ограниченного времени;
- наличие соответствующих квалификационных навыков, позволяющих принимать правильные решения в критической ситуации;
- знание инструктажей, технических регламентов, правил поведения в любой ситуации;
- способность к правильной оценке ситуации, что не позволит сделать неправильный выбор;
- способность контролировать рабочий процесс и принимать верные решения в соответствующей ситуации;
- компетентность в действиях в штатных и нештатных ситуациях;
- доведение умений и действий в нештатных ситуациях до автоматизма;
- наличие активной позиции при выполнении текущей работы;
- самоосознание ответственности при работах, влияющих на безопасность и т.п.

Высказывания работников по личностным качествам были следующими: уравновешенность, здоровый рассудок, эмоциональная устойчивость; моральная готовность к работе на АС, стрессоустойчивость, коммуникативность, психологическая совместимость, психологическая устойчивость в стрессовых ситуациях, хороший самоконтроль, уверенность в себе.

Все эти характеристики можно рассматривать как осознанную модель должного поведения работников АС в соответствии с Кодексом этики корпорации.

Особую роль в определении должного профессионального поведения работников атомной отрасли играют регламентирующие их деятельность документы МАГАТЭ. В рекомендациях МАГАТЭ по деловой этике даются характеристики должного поведения работников, на основе которых во всех странах сформированы этические кодексы в организациях атомной отрасли (No NG-TC-1.2. Создание этического кодекса для предприятий ядерного сектора):

- ставить безопасность выше прибыли;
- использовать принцип личной ответственности за безопасность;
- обеспечивать эффективные механизмы управления и коммуникации между советом директоров и линейным менеджментом;
- быть честными в коммуникации с регулирующими органами, сотрудниками и местными сообществами;
- поддерживать культуру отчетности, направленную на выявление небезопасных практик и инцидентов;
- не допускать взяточничества и коррупции;

- не допускать нелегальной продажи или неправомерного использования материалов, технологий и информации;
- быть хорошими соседями для местных сообществ.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что внедрение в практику работы с персоналом, в систему подготовки и профессионального развития кадров для атомной отрасли обобщенных и переработанных основ деонтологии могло бы способствовать эффективности работы по повышению качественных характеристик личного состава работников, а следовательно, и достижению главной цели – «стратегического видения Росатома как глобального лидера атомной отрасли на основе базовых ценностей – служение народу России, благополучия и безопасности общества, верности традициям отечественной науки и инженерии, открытости к инновациям, профессионализму» [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Внедрение Этического кодекса – закономерный этап развития [Текст] // Атом-пресса : еженедельная газета российских атомщиков. – 2009. – №2. – Январь. – С. 2.
2. Кодекс этики Госкорпорации «Росатом» [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: URL: <http://www.tenex.ru/> – 18.12.2015.
3. Медицинская деонтология [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: URL: <http://gkb8reg74.ru/medicinskaya-deontologiya> – 18.12.2015.
4. Новая философская энциклопедия [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: URL: <http://iph.ras.ru/elib/0920.html> – 18.12.2015.
5. Понятие юридической деонтологии как науки и учебной дисциплины: ее предмет [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: URL: <http://yurist-online.com/uslugi/yuristam/literatura/deont/01.php> – 18.12.2015.

REFERENCES

- [1] Vnedrenie Eticheskogo kodeksa – zakonomernyy etap razvitiya [Ethical code introduction is a natural stage of development]. Atom-pressa : ezhenedel'naya gazeta rossiyskikh atomshchikov [Atom-press: weekly newspaper of the Russian nuclear industry]. 2009, №2, Yanvar [January]. p. 2.
- [2] Kodeks etiki Goskorporatsii «Rosatom» [Ethics code of the Rosatom State corporation]. 2015. Available at: <http://www.tenex.ru/> (in Russian)
- [3] Meditsinskaya deontologiya [Medical deontology]. 2015. Available at: <http://gkb8reg74.ru/medicinskaya-deontologiya> (in Russian)
- [4] Novaya filosofskaya entsiklopediya [New philosophical encyclopedia]. 2015. Available at: <http://iph.ras.ru/elib/0920.html> (in Russian)
- [5] Ponyatie yuridicheskoy deontologii kak nauki i uchebnoy distsipliny: ee predmet [Concept of legal deontology as science and subject: its object]. 2015. Available at: <http://yurist-online.com/uslugi/yuristam/literatura/deont/01.php> (in Russian)

Safety Culture Deontological Aspect in Professional Activity of Nuclear Industry Personnel

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 – Deontological approaches to professional behavior of nuclear industry personnel are analyzed in article, the analysis of employee proper behavior according to nuclear safety culture is carried out.

Keywords: deontology, professional activity, safety culture, nuclear industry, professional standards of the nuclear industry.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ НОМЕРА

Адаменков А.К.	84	Муха Ю.П.	63
Бекетов В.Г.	43	Опекунов В.С.	97
Беляева Г.Д.	115	Поваров П.В.	63
Бубликова И.А.	7	Пономаренко П.А.	90
Василенко Н.П.	129	Руденко В.А.	103
Веселова И.Н.	84	Рыбачук А.М.	77
Вольман М.А.	35	Семенов В.К.	35
Головко М.В.	103	Сироткина А.Г.	115
Горюшкин Д.С.	52	Соколов В.С.	97
Гу Ц.	77	Стамбулко А.В.	97
Денисов В.А.	97	Стародубцев И.А.	15
Елохин А.П.	15	Стахеев А.В.	52
Зуев Ю.С.	52	Толстов В.А.	71
Ишигов И.О.	71	Федоренко Г.А.	115
Королева И.Ю.	63	Фролова М.А.	90
Кравцова Н.А.	71	Чупейкина Н.Н.	97
Кривин В.В.	71	Шкуриндин А.Н.	43
Макарец А.Б.	115	Шкуриндин И.Н.	43
Малахов И.В.	84		

AUTHOR INDEX OF VOL. 4, 2015

Adamenkov A.K.	84	Opekunov V.S.	97
Beketov V.G.	43	Ponomarenko P.A.	90
Belyaeva G.D.	115	Povarov P.V.	63
Bublikova I.A.	7	Rudenko V.A.	103
Chupeykina N.N.	97	Rybachuk A.M.	77
Denisov V.A.	97	Semenov V.K.	35
Elokhin A.P.	15	Shkurindin A.N.	43
Fedorenko G.A.	115	Shkurindin I.N.	43
Frolova M.A.	90	Sirotkina A.G.	115
Golovko M.V.	103	Sokolov V.S.	97
Goriushkin D.S.	52	Staheev A.V.	52
Gu Jieren	77	Stambulko A.V.	97
Ishigov I.O.	71	Starodubtcev I.A.	15
Koroleva I.Y.	63	Tolstov V.A.	71
Kravtsova N.A.	71	Veselova I.N.	84
Kravin V.V.	71	Vasilenko N.P.	129
Makarets A.B.	115	Volman M.A.	35
Malakhov I.V.	84	Zyev Y.S.	52
Mukha Y.P.	63		

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 interval. Page parameters: all sides are 2,5 cm. Use of any other fonts is possible only by way of exception if they are entered to a file code. Please do not use signs of forced transfer and additional gaps. Vectorial values are selected with a bold-face type.

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

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

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

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

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

7) The Publication Ethics.

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

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

- a) substantial contribution to conception and design, acquisition of data, or analysis and interpretation of data;
- b) drafting the article or reviewing and introducing fundamental changes in it;
- c) final approval of the version to be published.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Editors who make final decisions about manuscripts must have no personal, professional, or financial interest/involvement in any of the issues they might judge. Other members of the editorial staff, if they participate in editorial decisions, must provide editors with a current description of their financial interests (as they might relate to editorial judgment) and recuse themselves from any decisions in which a conflict of interest exists.

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

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

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

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

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

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

THE LIST OF REFERENCES STANDARD IN ENGLISH:

For journals:

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

Indicate article DOI if it in the presence

For books:

- [2] Mogilev V.A., Novikov S.A. Faykov Yu.I. Tekhnika vzryvnogo eksperimenta dlya issledovaniya mekhanicheskoy stoykosti konstruksiy. [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 Rostovskoy oblasti do 2030 goda [Development strategy of a transport complex of the Rostov region till 2030]. Officialnij sait Ministerstva transporta Rostovskoy 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 интервал, шрифтом Times New Roman размером 12 пт. Поля со всех сторон – 2,5 см. Использование любых других шрифтов возможно только в виде исключения, если они внесены в код файла. Не следует использовать знаки принудительного переноса и дополнительных пробелов. Векторные величины выделяются полужирным шрифтом.

Для записи формул применять только редактор формул Equation 3.0. Большие формулы необходимо разбить на несколько строк, причем каждая новая строка – новый объект. Запрещается масштабировать формулы. При наборе формул необходимо придерживаться следующих размеров: текст – 11 пт, крупный индекс – 8 пт, мелкий индекс – 6 пт, крупный символ – 12 пт, мелкий символ – 10 пт. Формулы не должны включать в состав знаки пунктуации и нумерацию.

Статья должна содержать лишь самые необходимые формулы, от промежуточных выкладок желательно отказаться. Нумеруются только те формулы, на которые имеются ссылки. Нумерация формул должна быть сквозная по всей статье. Таблицы должны иметь заголовки и нумерацию, в них допускаются только общепринятые сокращения.

Желательно, чтобы таблицы не превышали одной страницы текста. Количество таблиц не должно превышать количество страниц.

Рисунки и схемы должны быть черно-белыми, размером 800x600, с подписями. Графики должны быть оформлены в формате Microsoft Office 97-2003 Word 7.0 и только отдельным файлом (каждый график на новом листе, либо в новом файле).

Единицы измерения следует давать в соответствии с Международной системой (СИ).

6) Литература приводится в порядке упоминания в конце статьи. В тексте должны быть ссылки в квадратных скобках только на опубликованные материалы. Ссылки на иностранные источники даются на языке оригинала и сопровождаются, в случае перевода на русский язык, с указанием на перевод.

Рекомендуется проверка статей через программу Антиплагиат на сайте <http://www.antiplagiat.ru>

Библиография должна быть оформлена согласно ГОСТу 7.1-2003 «Библиографическая запись и библиографическое описание. Общие требования и правила составления». **References** предоставляются отдельно (правила оформления см. ниже в разделе **The list of references standard in English**).

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

7) Этика публикаций.

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

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

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

б) подготовке текста статьи или внесении принципиальных изменений;

в) окончательном утверждении версии, которая сдается в печать.

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

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

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

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

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

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

Конфликт интересов. Конфликт интересов, касающийся конкретной рукописи, возникает в том случае, если один из участников процесса рецензирования или публикации – автор, рецензент или редактор – имеет обязательства, которые могли бы повлиять на его или ее мнение (даже если это и не происходит на самом деле).

Наиболее частая причина возникновения конфликта интересов – финансовые отношения (например, связанные с приемом на работу, консультациями, владением акциями, выплатой гонораров и платными заключениями экспертов), прямые или через близких родственников. Возможны и другие причины – личные отношения, научное соперничество и интеллектуальные пристрастия.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ ЛИТЕРАТУРЫ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ:

Для книг: Энджел, Д. Поведение потребителей [Текст] / Д. Энджел. – М. : Физматлит, 1972. – 272 с.

Для журналов: Петров, Н.Н. Принципы построения образовательных программ и личностное развитие учащихся [Текст] / Н.Н. Петров // Вопросы психологии. – 1999. – №3. – С. 39.

Для диссертаций: Дзякович, Е.В. Стилистический аспект современной пунктуации : автореф. дис. канд. филол. наук [Текст] / Е.В. Дзякович – М., 1984. – 30 с.

Для депонированных работ: Кондраш, А.Н. Пропаганда книг [Текст] / А.Н. Кондраш. – М., 1984. – 21 с. – Деп. в НИЦ «Информпечать» 25.07.84. ФН 176.

Описание архивных материалов: Гуцин, Б.П. Журнальный ключ [Текст] // НРЛИ. Ф. 209. Оп. 1. Д. 460. Л. 9.

Материалы конференций: Шишков, Ю. Россия и мировой рынок: структурный аспект [Текст] / Ю. Шишков // Социальные приоритеты и механизмы преобразований в России : материалы междунар. конф. Москва, 12-13 мая 1998 г. – М. : Мagma, 1993. – С. 19-25.

Для патентов: Пат. 2187888 Российская Федерация, МПК⁷ Н 04 В 1/38, Н 04 J 13/00. Приемопередающее устройство [Текст] / Чугаева В. И. ; заявитель и патентообладатель Воронеж. науч.-исслед. ин-т связи. – № 2000131736/09 ; заявл. 18.12.00 ; опубл. 20.08.02, Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с. : ил.

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

Для электронных ресурсов: Дирина, А.И. Право военнослужащих РФ на свободу ассоциаций [Электронный ресурс] / А.И. Дирина // Военное право: сетевой журн. – 2010. – Режим доступа: URL: <http://voennoepravo.ru/node/2149> – 19.02.2011.

Комплект документов отправляется в редакцию журнала по адресу:
347360, Россия, Ростовская область, г. Волгодонск, ул. Ленина, 73/94. Редакция
журнала «Глобальная ядерная безопасность».

E-mail: oni-viti@mephi.ru

Тел.: 8(8639)222717.

ГЛОБАЛЬНАЯ ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

№ 4(17) 2015

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

Сдано в набор 20.12.2015 г.

Компьютерная верстка Вишнёва М.М.

Корректор Вишнёва М.М. ИПО ВИТИ НИЯУ МИФИ

Подписано к печати 22.12.2015 г.

Бумага «SvetoCory» 80 г/м². Объем 17,04 усл.печ.л.

Гарнитура «TimesNewRoman»,

Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии ВИТИ(ф) НИЯУ МИФИ