

ISSN 2305-414X

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

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

GLOBAL NUCLEAR SAFETY

The scientific and practical journal
Number 3(16), 2015



Научно-практический журнал
№3(16) 2015

ГЛОБАЛЬНАЯ ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Moscow

Москва

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

GLOBAL NUCLEAR SAFETY

№ 3(16) 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

Editor-in- Chief:

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

Editorial Board members:

M.N. Strikhanov (Editor-in- Chief, Doctor of Physics and Mathematics, Professor (Russia)),
V.A. Rudenko (Deputy Editor-in- Chief, Doctor of Sociology, Professor (Russia)),
Denis Florey (Deputy CEO of IAEA (Austria)),
Liu Daming (Professor of the Chinese Nuclear Power Institute (CIAE (China)),
Nancy Fragoyannis (Senior Counsellor of the USA Nuclear Regulation Commission (USA)),
M.K. Skakov (Doctor of Physics and Mathematics, Professor (Kazakhstan)),
V.V. Krivin (Doctor of Technical sciences, Professor (Russia)),
A.M. Agapov (Doctor of Technical sciences, Professor (Russia)),
P.D. Kravchenko (Doctor of Technical sciences, Professor (Russia)),
A.V. Palamarchuk (PhD (Technical sciences) (Russia)),
I.A. Bublikova (PhD (Technical sciences), associate professor (Russia))

Editorial Staff:

M. N. Strikhanov (Editor-in- Chief, Doctor of Physics and Mathematics, Professor (Russia)),
V.A. Rudenko (Deputy Editor-in- Chief, Doctor of Sociology, Professor (Russia)),
Denis Florey (Deputy CEO of IAEA (Austria)),
Liu Daming (Professor of the Chinese Nuclear Power Institute (CIAE (China)),
Nancy Fragoyannis (Senior Counsellor of the USA Nuclear Regulation Commission (USA)),
M.K. Skakov (Doctor of Physics and Mathematics, Professor (Kazakhstan)),
P.D. Kravchenko (Doctor of Technical sciences, Professor (Russia)),
A.M. Agapov (Doctor of Technical sciences, Professor (Russia)),
A.V. Chernov (Doctor of Technical sciences, Professor (Russia)),
Y.I. Pimshin (Doctor of Technical sciences, Professor (Russia)),
Y.P. Mukha (Doctor of Technical sciences, Professor (Russia)),
V.V. Krivin (Doctor of Technical sciences, Professor (Russia)),
V.I. Ratushny (Doctor of Physics and Mathematics, Professor (Russia)),
Y.S. Sysoev (Doctor of Technical sciences, Professor (Russia)),
A.V. Palamarchuk (PhD (Technical sciences), Russia),
V.E. Shukshunov (Doctor of Technical sciences, Professor (Russia)),
V.P. Povarov (PhD (Physics and Mathematics), Russia),
S.M. Burdakov (PhD (Technical sciences), associate professor (Russia)),
I.A. Bublikova (PhD (Technical sciences), associate professor (Russia))
A.V. Zhuk (PhD (History), associate professor (Russia))

Founder:

Federal state autonomous educational institution of higher professional education
National research nuclear university
"MEPHI"

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

Moscow
NRNU MEPHI

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

ГЛОБАЛЬНАЯ ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

№ 3(16) 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

Главный редактор:

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

Редакционный совет:

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

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

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

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

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

М.К. Скаков (д.ф.-м.н., проф. (Казахстан)), В.В. Кривин (д-р техн. наук, проф. (Россия)),

А.М. Агапов (д-р техн. наук, проф. (Россия)), П.Д. Кравченко (д-р техн. наук, проф. (Россия))

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

Редакционная коллегия:

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

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

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

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

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

М.К. Скаков (д.ф.-м.н., проф. (Казахстан)), П.Д. Кравченко (д-р техн. наук, проф. (Россия)),

А.М. Агапов (д-р техн. наук, проф. (Россия)), А.В. Чернов (д-р техн. наук, проф. (Россия)),

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

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

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

Ю.С. Сысоев (д-р техн. наук, проф. (Россия)), А.В. Паламарчук (к-т техн. наук (Россия)),

В.Е. Шукшунов (д-р техн. наук, проф. (Россия)), В.П. Поваров (к-т физ.-мат. наук (Россия)),

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

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

Учредитель:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

Национальный исследовательский ядерный университет
«МИФИ»

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

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

Москва
НИЯУ МИФИ

© Издательство Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», 2015

CONTENTS

Number 3, 2015

THE PROBLEMS OF NUCLEAR, RADIATION AND ECOLOGICAL SAFETY

Mathematical Model of Radiation Safety Technology when Watering the Soil by Small Differentiated Standards in the NPP Sanitary Protection Zone <i>V.I. Veprikov, Yu.V. Veprikov, Yu.V. Veprikova</i>	7
Increase of Shrubby Cultures Biodiversity in Public Plantings of the Rostov Nuclear Power Plant Thirty-kilometre Zone <i>S.A. Bogorovskaya</i>	23

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

Use of Electron Beam Welding for Creation of Thermoissue Converters (TEC) from Tungsten Monocrystals <i>V.N. Lastovirya, V.V. Novokreshhenov, R.V. Rodyakina</i>	27
The Time-And-Frequency Transformations Used in Digital Processing of Signals <i>Ju.E. Uljanova, R.G. Babenko, A.V. Chernov</i>	36
Software Tool of Systematization and Registration of "SCALA-MICRO" Operational Reserve <i>N.M. Matrosov</i>	43
Tendencies and Problems of a One-sided ARC Welding <i>Y.V. Doronin</i>	47

NUCLEAR FACILITIES EXPLOITATION

Natural Supervision of the Rostov NPP Power Unit № 3 Protective Cover after Pretension <i>V.N. Medvedev, N.A. Kiselev, E.S. Krutko, A.N. Ulyanov, V.F. Strizhov, E.A. Potapov</i>	57
Purposes and Tasks of the NPP Equipment Diagnostic Monitoring Organization <i>O.Yu. Pugacheva, V.N. Nikiforov, E.A. Abidova, P.V. Sinelshnikov, R.G. Babenko, D.V. Sirotin, Yu.N. Elzhov</i>	70
Methods and Algorithms Identification of Sources Acoustic Standing Wave in the Primary Circuit of NPP with WWER-440 <i>K.N. Proskuryakov, A.I. Fedorov, M.V. Zaporozhets, A.A. Dyatlovsky, V.A. Huseynov</i>	77
Automated System of Vibration Monitoring of SNPP Equipment <i>S.V. Vasilenko, Yu.N. Elzhov, O.Yu. Pugacheva</i>	85
Personnel Qualification Requirements for Diagnostic Monitoring at the Power Plant Engineering Enterprises <i>N.N. Podrezov, P.A. Gunin, A.S. Ilyasova</i>	90
Modernization of Shunting Reactor Firefighting System using Microprocessor Equipment on the Open Switchgear 500 Kv of Rostov NPP <i>S.A. Baran, E.S. Belyaeva</i>	95

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

Principles of the Power Right as Ideological and Organizational System Basis of Its Functioning and Development (Types and Short Analysis of the Contents) <i>L.B. Prudnikova</i>	102
Formation of Signs for Network Structures Classification at the Industrial Enterprises <i>P.M. Sorokin, G.D. Belyaeva, A.B. Makarets</i>	107
The Concept and Theoretical Basis for the Indemnification Caused by the Sources of the Increased Danger– Nuclear Energy Objects <i>N.M. Kopylkova, O.A. Makeeva</i>	112
Author Index of vol. 3, 2015.....	112

СОДЕРЖАНИЕ

Номер 3, 2015

ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Математическая модель технологии обеспечения радиационной безопасности при поливе почвы малыми дифференцированными нормами в санитарно-защитной зоне АЭС

В.И. Веприков, Ю.В. Веприков, Ю.В. Веприкова 7

Повышение биоразнообразия кустарниковых культур в насаждениях общего пользования тридцатикилометровой зоны РоАЭС

С.А. Богоровская 23

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

Использование электронно-лучевой сварки для создания термоэмиссионных преобразователей (ТЭП) из монокристаллов вольфрама

В.Н. Ластовиця, В.В. Новокрещенов, Р.В. Родякина 27

Частотно-временные преобразования, используемые в цифровой обработке сигналов

Ю.Е. Ульянова, Р.Г. Бабенко, А.В. Чернов 36

Программное средство систематизации и учёта оперативного резерва «СКАЛА-МИКРО»

Н.М. Матросов 43

Тенденции и проблемы развития односторонней дуговой сварки

Ю.В. Доронин 47

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Натурные наблюдения защитной оболочки энергоблока №3 Ростовской АЭС после преднапряжения

В.Н. Медведев, И.А. Киселев, Е.С. Крутько, А.Н. Ульянов, В.Ф. Стрижов, Е.А. Потапов 57

Цели и задачи организации диагностического мониторинга оборудования АЭС

О.Ю. Пугачева, В.Н. Никифоров, Е.А. Абидова, П.В. Синельщиков, Р.Г. Бабенко, Д.В. Сиротин, Ю.Н. Елжов 70

Методы и алгоритмы идентификации источников возникновения акустических стоячих волн в первых контурах АЭС с ВВЭР-440 <i>К.Н. Проскуряков, А.И. Фёдоров, М.В. Запорожец, А.А. Дятловский, В.А. Гусейнов</i>	77
Автоматизированная система вибрационного контроля оборудования САЭС <i>С.В. Василенко, Ю.Н. Елжов, О.Ю. Пугачева</i>	85
Требования к квалификации персонала для диагностического мониторинга на предприятиях энергомашиностроения <i>Н.Н. Подрезов, П.А. Гунин, А.С. Ильясова</i>	90
Модернизация системы пожаротушения шунтирующего реактора с применением микропроцессорной аппаратуры на ОРУ 500 кВ Ростовской АЭС <i>С.А. Баран, Е.С. Беляева</i>	95
КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ И СОЦИАЛЬНО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ	
Принципы энергетического права как идеологическая и организационно-системная основа его функционирования и развития (виды и краткий анализ содержания) <i>Л.Б. Прудникова</i>	102
Формирование признаков для классификации сетевых структур на промышленных предприятиях <i>П.М. Сорокин, Г.Д. Беляева, А.Б. Макарецу</i>	107
Понятие и теоретические основы возмещения вреда, причиненного источниками повышенной опасности – объектами ядерной энергетики <i>Н.М. Копылкова, О.А. Макеева</i>	112
Авторский указатель номера 3, 2015.....	112

ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 631.6

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПОЛИВЕ ПОЧВЫ МАЛЫМИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫМИ НОРМАМИ В САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЕ АЭС

© 2015 г. В.И. Веприков*, Ю.В. Веприков**, Ю.В. Веприкова**

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

** *Институт сферы обслуживания и предпринимательства филиала «Донской государственный технический университет» в г. Шахты, Ростовская обл.*

Моделируется инновационная технология полива дифференцированными малыми нормами, основанная на точном контроле влажности почвы и исключающая глубинную фильтрацию загрязнённой воды. Технология позволяет исключить деградацию почвы, отличается простотой и экономичностью. В работе исследовалась зависимость между скоростью перемещения фронта увлажнения и уменьшением плотности почвы с учётом величины межполивных интервалов. Приведённые экспериментальные результаты показывают принципиальную возможность улучшения плотности почвы применением технологии полива дифференцированными малыми нормами.

Ключевые слова: математическое моделирование, фильтрация воды, полив малыми нормами, плотность почвы, деградация почвы.

Поступила в редакцию 15.09.2015 г.

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Математическая модель технологии полива дифференцированными малыми нормами решает задачу прогнозирования глубины фильтрации радиационно загрязнённой воды для разных объёмов полива, что имеет важнейшее экологическое значение для безопасности человека. В работе исследовалась зависимость между скоростью перемещения фронта увлажнения и уменьшением плотности почвы с учётом величины межполивных интервалов.

Большинство исследований проводят для установления с помощью эксперимента функциональных или статистических связей между несколькими величинами или для решения экстремальных задач [1]. Классический метод постановки эксперимента предусматривает фиксирование на принятых уровнях всех переменных факторов, кроме одного, значения которого определенным образом изменяют в области его существования [2]. Этот метод составляет основу однофакторного эксперимента. При однофакторном эксперименте, варьируя один фактор и стабилизируя все прочие на выбранных уровнях, находят зависимость исследуемой величины только от одного фактора. Производя большое число однофакторных экспериментов при изучении многофакторной системы, получают зависимости, представленные графиками, имеющие иллюстративный характер [3]. Найденные таким образом частные зависимости невозможно объединить в одну общую.

Использование однофакторного эксперимента для всестороннего исследования многофакторного процесса требует постановки очень большого числа опытов. Для их выполнения в ряде случаев необходимо значительное время, в течение которого влияние неконтролируемых факторов на результаты опытов может существенно измениться. По этой причине данные большого числа опытов оказываются несопоставимыми. Отсюда следует, что результаты однофакторных экспериментов, полученные при исследовании многофакторных систем, часто малопригодны для практического использования [4].

Для решения интерполяционной задачи состоящей в построении формулы для предсказаний значений изучаемого параметра необходимо иметь математическую модель исследуемого объекта. Модель объекта получают, используя результаты опытов. При исследовании многофакторного процесса постановка всех возможных опытов для получения математической модели связана с огромной трудоемкостью эксперимента, так как число всех возможных опытов очень велико. Задача планирования эксперимента состоит в установлении минимально необходимого числа опытов и условий их проведения, в выборе методов математической обработки результатов опытов и в принятии решений [5]. Планирование эксперимента значительно сокращает число опытов, необходимых для получения модели процесса.

Применяемый в работе метод Бокса—Уилсона предусматривает проведение опытов небольшими сериями. В каждой серии одновременно варьируют все факторы по определенным правилам. Опыты проводят так, чтобы после математической обработки результатов предыдущей серии можно было спланировать следующую серию опытов. При планировании эксперимента цель исследования должна быть четко сформулирована и должна иметь количественную оценку. Характеристику цели, заданную количественно, называют параметром оптимизации. Параметр оптимизации является реакцией, или откликом, на воздействие факторов, определяющих поведение процесса. Результаты эксперимента используют для получения математической модели исследуемого процесса. Математическая модель — система математических соотношений, описывающих изучаемый процесс или явление. При планировании эксперимента под математической моделью часто понимают уравнение, связывающее параметр оптимизации с факторами. Такое уравнение называют также функцией отклика [6].

В общем случае объект исследования можно представить в виде структурной схемы, показанной на рисунке 1.

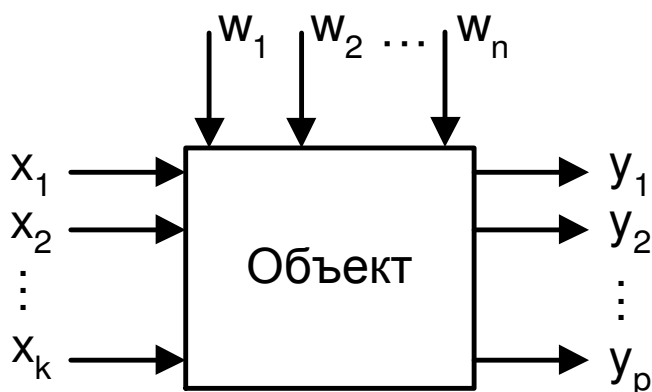


Рис. 1. – Схема представления объекта исследования

Представление объекта в виде такой схемы основано на принципе «черного ящика». Имеем следующие группы параметров:

- управляющие (входные) X_i , которые называются *факторами*;
- выходные параметры y_i , которые называются *параметрами состояния*;
- W_i – возмущающие воздействия.

Предполагается, что возмущающие воздействия не поддаются контролю и либо являются случайными, либо меняются во времени.

Управляющие параметры x_i представляют собой независимые переменные, которые можно изменять для управления выходными параметрами. При поливе почвы малыми дифференцированными нормами управляющим параметром являлась норма полива. Выходным параметром являлась скорость движения фронта увлажнения.

1 ОБЩЕЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ГОЛОВАНОВА, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕГО ЗАВИСИМОСТЬ НАПОРА ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ ОТ ВРЕМЕНИ И ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ ПЛАСТА

Зависимость напора почвенной влаги от глубины и с течением времени описывается уравнением Голованова:

$$C_{\omega} \cdot \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} (k_B \frac{\partial H}{\partial z}) - E(\omega, z, t), \quad (1)$$

где C_{ω} – коэффициент влагоёмкости;

k_B – коэффициент влагопроводности почвы, равен коэффициенту пропорциональности между скоростью потока воды и градиентом сил (изменяется от серии к серии);

H – напор почвенной влаги – изменяется – увеличивается со временем, уменьшается по вертикальной координате;

k_B – коэффициент влагопроводности почвы,

$$k_B = k_{\phi} \cdot ((\omega - \omega_m) / (p - \omega_m))^5,$$

где k_{ϕ} – коэффициент фильтрации рассматриваемого слоя;

ω – объёмная влажность почвы;

ω_m – максимальная гигроскопичность почвы;

p – объёмная пористость почвы;

e – интенсивность отбора влаги корнями растений.

Коэффициент влагопроводности почвы k_B зависит от коэффициента фильтрации k_{ϕ} , который зависит от влажности почвы.

В эксперименте скорость фильтрации изменяется от слоя к слою, а так как k_B – коэффициент влагопроводности почвы связан с коэффициентом фильтрации k_{ϕ} зависимостью:

$$k_B = k_{\phi} \cdot ((\omega - \omega_m) / (p - \omega_m))^5, \text{ то следует } \frac{\partial k_{\phi}}{\partial z} \rightarrow \frac{\partial k_B}{\partial z}.$$

Уравнение (1) является линейным дифференциальным уравнением в частных производных второго порядка (неоднородным). Для упрощения модели величины коэффициентов $C_{\omega}, k_B, E(\omega, z, t)$ будем полагать условно-постоянными. Тогда уравнение (1) можно переписать в виде:

$$C_{\omega} \cdot \frac{\partial H}{\partial t} = k_B \frac{\partial^2 H}{(\partial z)^2} - E(\omega, z, t), \quad (2)$$

Применим к уравнению (2) метод, подобный методу разделения переменных. Сделаем в уравнении (2) следующую замену:

$$H(z, t) = A(z) \cdot B(t) + F(z); \quad (3)$$

После замены (3) уравнение (2) можно записать в форме:

$$C_{\omega} \cdot A(z) \cdot \frac{dB}{dt} = k_B \cdot B(t) \frac{d^2 A}{(dz)^2} + k_B \frac{d^2 F}{(dz)^2} - E. \quad (4)$$

Функцию $F = F(z)$ будем определять из условия:

$$k_B \frac{d^2 F}{(dz)^2} - E = 0. \quad (5)$$

Общее решения уравнения (5) согласно [1] имеет вид:

$$F(z) = \frac{E}{2k_B} z^2 + C_1 z + C_2, \quad (6)$$

где C_1, C_2 – произвольные постоянные.

Теперь функцию $H = H(z, t)$ из (3) можем представить в форме:

$$H(z, t) = A(z) \cdot B(t) + \frac{E}{2k_B} z^2 + C_1 z + C_2. \quad (7)$$

Подставим зависимость в виде (7) в уравнение (4), после упрощений получим:

$$C_{\omega} \cdot A(z) \cdot \frac{dB}{dt} = k_B \cdot B(t) \frac{d^2 A}{(dz)^2}. \quad (8)$$

Разделим обе части уравнения (8) на произведение $A(z) \cdot B(t)$, после упрощений уравнение (8) преобразуется к виду:

$$C_{\omega} \frac{dB}{dt} \Big/ B(t) = k_B \frac{d^2 A}{(dz)^2} \Big/ A(z) \quad (9)$$

Левая часть уравнения (9) зависит только от переменной t , а правая – только от z , поэтому левая, и правая части уравнения (9) являются постоянной величиной, которую обозначим через $\lambda^2 > 0$, то есть:

$$C_{\omega} \frac{dB}{dt} \Big/ B(t) = k_B \frac{d^2 A}{(dz)^2} \Big/ A(z) = \lambda^2. \quad (10)$$

Тогда уравнение (9) распадается на пару обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$k_B \frac{d^2 A}{(dz)^2} = \lambda^2 A(z). \quad (11)$$

$$C_{\omega} \frac{dB}{dt} = \lambda^2 B(t). \quad (12)$$

Уравнение (11) является обыкновенным линейным дифференциальным

уравнением второго порядка с постоянными коэффициентами (однородным), соответственно его общее решение в соответствии с [1] имеет вид:

$$A(z) = A_1 e^{\frac{\lambda}{\sqrt{k_B}} z} + A_2 e^{-\frac{\lambda}{\sqrt{k_B}} z}, \quad (13)$$

где A_1, A_2 – произвольные постоянные.

Уравнение (12) является обыкновенным линейным дифференциальным уравнением первого порядка с постоянными коэффициентами (однородным), соответственно его общее решение в соответствии с [1] имеет вид:

$$B(t) = B_1 e^{\frac{\lambda^2}{C_\omega} t}, \quad (14)$$

где B_1 – произвольная постоянная.

Пусть теперь значение константы в уравнении (10) будет отрицательным, то есть:

$$C_\omega \frac{dB}{dt} \bigg/ B(t) = k_B \frac{d^2 A}{(dz)^2} \bigg/ A(z) = -\lambda^2. \quad (15)$$

В этом случае уравнение (9) распадается на следующую пару обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$k_B \frac{d^2 A}{(dz)^2} = -\lambda^2 A(z). \quad (16)$$

$$C_\omega \frac{dB}{dt} = -\lambda^2 B(t). \quad (17)$$

Также как и ранее, уравнение (16) является обыкновенным линейным дифференциальным уравнением второго порядка с постоянными коэффициентами (однородным), соответственно его общее решение в соответствии с [1] для мнимых корней характеристического уравнения примет вид:

$$A(z) = A_1 \sin\left(\frac{\lambda}{\sqrt{k_B}} z\right) + A_2 \cos\left(\frac{\lambda}{\sqrt{k_B}} z\right), \quad (18)$$

где A_1, A_2 – произвольные постоянные.

Общее решение уравнения (17) в соответствии с [1] имеет вид:

$$B(t) = B_1 e^{-\frac{\lambda^2}{C_\omega} t}, \quad (19)$$

Решения в виде (13), (14) и (17), (18) являются базовыми для построения общего решения уравнения (2).

Таким образом, из (7) с учетом формул (13), (14) и (17), (18) следует, что решения уравнения (2) могут быть представлены в следующих видах:

$$H_1(z, t) = \left(A_1 e^{\frac{\lambda}{\sqrt{k_B}} z} + A_2 e^{-\frac{\lambda}{\sqrt{k_B}} z} \right) \cdot e^{-\frac{\lambda^2}{C_\omega} t} + \frac{E}{2k_B} z^2 + C_1 z + C_2. \quad (20)$$

$$H_2(z, t) = \left(A_1 \sin\left(\frac{\lambda}{\sqrt{k_B}} z\right) + A_2 \cos\left(\frac{\lambda}{\sqrt{k_B}} z\right) \right) \cdot e^{-\frac{\lambda^2}{C_\omega} t} + \frac{E}{2k_B} z^2 + C_1 z + C_2. \quad (21)$$

Общее решение уравнения (2) содержит функции вида (13) и (17) при различных

значениях параметра λ , например, при целых значениях. Так как уравнение (2) – линейное, то его общее решение содержит и линейные комбинации решений вида:

$$\left(A_1 e^{\frac{\lambda}{\sqrt{k_B}} z} + A_2 e^{-\frac{\lambda}{\sqrt{k_B}} z} \right) \cdot e^{\frac{\lambda^2}{C_\omega} t},$$

а также решений вида:

$$\left(A_1 \sin\left(\frac{\lambda}{\sqrt{k_B}} z\right) + A_2 \cos\left(\frac{\lambda}{\sqrt{k_B}} z\right) \right) \cdot e^{-\frac{\lambda^2}{C_\omega} t}.$$

Из проведенных рассуждений следует, что для случая положительного значения параметра из уравнения (10), т.е. при значениях $\lambda^2 > 0$ общее решение уравнения (2) можно записать в форме:

$$H_1(z, t) = \sum_{n=0}^{\infty} e^{\frac{n^2}{C_\omega} t} \left(A_{1,n} e^{\frac{n}{\sqrt{k_B}} z} + A_{2,n} e^{-\frac{n}{\sqrt{k_B}} z} \right) + \frac{E}{2k_B} z^2 + C_1 z + C_2. \quad (22)$$

В случае отрицательного значения параметра из уравнения (10), т.е. при значениях $-\lambda^2 < 0$ общее решение уравнения (2) можно записать в виде линейной комбинации тригонометрических функций по переменной z :

$$H_2(z, t) = \sum_{n=0}^{\infty} e^{-\frac{n^2}{C_\omega} t} \left(A_{1,n} \sin\left(\frac{n}{\sqrt{k_B}} z\right) + A_{2,n} \cos\left(\frac{n}{\sqrt{k_B}} z\right) \right) + \frac{E}{2k_B} z^2 + C_1 z + C_2. \quad (23)$$

Общие решения уравнения (2) в формах (22) и (23) являются базовыми для решения граничных задач по определению зависимости напора почвенной влаги от времени и глубины залегания пласта. Они будут использованы в последующем изложении для решения граничных задач, возникающих при определении давления почвенной влаги на разных почвенных горизонтах при поливе участков малыми нормами.

2 ГРАНИЧНЫЕ ЗАДАЧИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ НАПОРА ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ ОТ ВРЕМЕНИ И ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ ПЛАСТА

Для нахождения решения граничной задачи по определению напора почвенной влаги необходимо описать все ее начальные и граничные условия.

Описание начальных и граничных условий задачи проведем в соответствии с физическим процессом фильтрации водного потока через грунт при поливе участка малыми нормами.

Как показали эксперименты, на каждом уровне залегания пласта напор почвенной влаги убывает с течением времени, то есть является монотонно убывающей функцией по времени. Из этого условия следует, что функции вида (22) не удовлетворяют физическим условиям задачи фильтрации воды через почву, так как функции $H_1(z, t)$

содержат множители $e^{\frac{n^2}{C_\omega} t}$, которые являются монотонно возрастающими по времени. Условию убывания напора почвенной влаги с течением времени удовлетворяет вторая группа решений в форме (23), соответственно в дальнейшем решения граничной задачи

по определению напора будем искать в классе функций вида (23).

Рассмотрим граничную задачу по определению напора почвенной влаги с течением времени в первом поливе. Экспериментальные данные по распределению давлений на глубинах залегания пласта 15 см, 30 см, 45 см, 60 см представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Временная зависимость показаний тензиометров для почвенных горизонтов в первом поливе

Глубина, см	Первый полив нормой 20 мм			
	15	30	45	60
Т, мин.	Р, центибар			
0	68	37	28	21
50	53	37	28	20
78	43	37	27	20
108	35	37,1	27	20
142	27	37	27	20
208	12,6	37,2	27	20
238	10	37,1	27	20
298	10	37,2	27	19
358	10	37,2	27	19

При фиксированном значении переменной z , т.е. для фиксированного уровня залегания пласта решения граничной задачи в форме (23) допускают функции в виде:

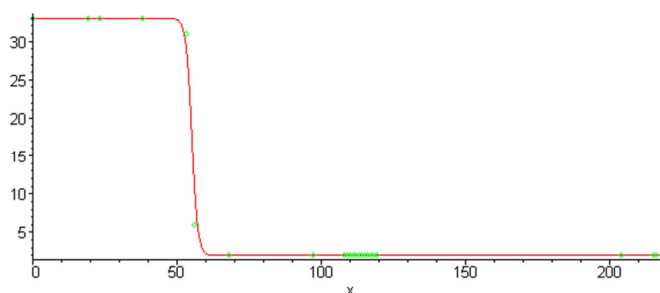
$$H(z_0, t) = \beta \frac{e^{-\frac{\lambda^2}{C_\omega}(t-\alpha)} - 1}{e^{-\frac{\lambda^2}{C_\omega}(t-\alpha)} + 1} + \gamma, \quad (24)$$

Параметры $\alpha, \beta, \gamma, \frac{\lambda^2}{C_\omega}$ определялись из условия минимизации рассогласования теоретической кривой и экспериментальной по методу наименьших квадратов. Таким образом, на уровне залегания пласта $z = 15$ см напор почвенной влаги в первом поливе определяется по формуле:

$$H_1(15, t) = 57 \frac{e^{-0,014(t-10)} - 1}{e^{-0,014(t-10)} + 1} + 65. \quad (25)$$

Сравнение теоретической кривой и экспериментальных данных напора почвенной влаги из таблицы 1 на уровне залегания пласта $z = 15$ см приводится на рисунке 2.

Р, центибар



Н, см

Рис. 2. – Сравнение теоретической кривой напора почвенной влаги и точек эксперимента на уровне $z = 15$ см в первом поливе

Все расчеты проводились в среде прикладных математических программ Maple 9.5. Расчеты показывают, что рассогласование между теоретической кривой и экспериментальными данными не превышает 5%.

Рассмотрим граничную задачу по определению напора почвенной влаги с течением времени во втором поливе. Экспериментальные данные по распределению давлений на глубинах залегания пласта 15 см, 30 см, 45 см, 60 см представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Временная зависимость показаний тензиометров для почвенных горизонтов во втором поливе

Глубина, см	Второй полив нормой 20 мм			
	15	30	45	60
Т, мин.	Р, центибар			
0	46	42	46	30
25	44	42	46	30
72	4	42	46	30
138	4	29	46	30
199	4	17	46	30
234	4	11	46	30
299	4	10	45,8	30
422	4	11	46	29,8

Зависимость напора почвенной влаги с течением времени при фиксированном уровне залегания пласта будем снова искать в форме (24). При этом параметры $\alpha, \beta, \gamma, \frac{\lambda^2}{C_\omega}$ будем определять из условия минимизации рассогласования теоретической кривой и точек эксперимента по методу наименьших квадратов.

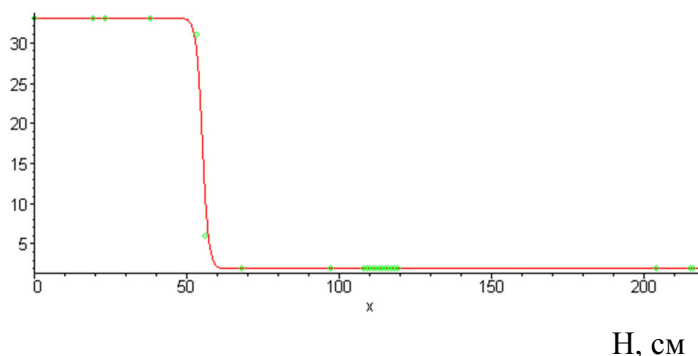
На уровне залегания пласта $z = 15$ см напор почвенной влаги во втором поливе предлагается определять по формуле:

$$H_2(15, t) = 21 \frac{e^{-0,14(t-50)} - 1}{e^{-0,14(t-50)} + 1} + 24,7. \quad (26)$$

Номер индекса у функции напора в формуле (26) означает номер полива.

Сравнение теоретической кривой и экспериментальных данных напора почвенной влаги из таблицы 1 на уровне залегания пласта $z = 15$ см приводится на рисунке 3.

Р, центибар



Н, см

Рис. 3. – Сравнение теоретической кривой напора почвенной влаги и точек эксперимента на уровне $z = 15$ см во втором поливе

Как показывают расчеты в среде Maple 9.5, рассогласование между теоретической кривой и экспериментальными данными на уровне $z = 15$ см во втором поливе не превышает 2%.

На уровне залегания пласта $z = 30$ см напор почвенной влаги во втором поливе предлагается определять по формуле:

$$H_2(30, t) = 16,1 \frac{e^{-0,037(t-155)} - 1}{e^{-0,037(t-155)} + 1} + 26,4. \quad (27)$$

Параметры $\alpha, \beta, \gamma, \frac{\lambda^2}{C_\omega}$ также определялись из условия минимизации рассогласования теоретической кривой и точек эксперимента по методу наименьших квадратов.

Сравнение теоретической кривой и экспериментальных данных напора почвенной влаги из таблицы 2 на уровне залегания пласта $z = 30$ см во втором поливе приводится на рисунке 4.

Р, центибар

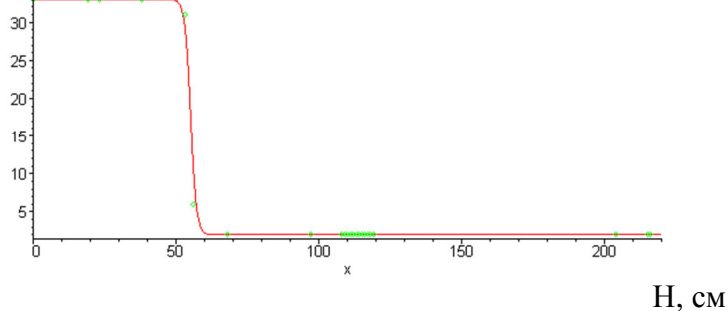


Рис. 4. – Сравнение теоретической кривой напора почвенной влаги и точек эксперимента на уровне $z = 30$ см во втором поливе

Как показывают расчеты в среде Maple 9.5, рассогласование между теоретической кривой и экспериментальными данными на уровне $z = 30$ см во втором поливе не превышает 3%.

Рассмотрим граничную задачу по определению напора почвенной влаги с течением времени в третьем поливе. Экспериментальные данные по распределению давлений на глубинах залегания пласта 15 см, 30 см, 45 см, 60 см представлены в таблице 3.

Зависимость напора почвенной влаги с течением времени при фиксированном уровне залегания пласта будем снова искать в форме (24). При этом параметры $\alpha, \beta, \gamma, \frac{\lambda^2}{C_\omega}$ будем, как и ранее, определять из условия минимизации рассогласования теоретических кривых и соответствующих им точек эксперимента по методу наименьших квадратов.

На уровне залегания пласта $z = 15$ см напор почвенной влаги в третьем поливе предлагается определять по формуле:

$$H_3(15, t) = 21,3 \frac{e^{-0,7(t-21)} - 1}{e^{-0,7(t-21)} + 1} + 23. \quad (28)$$

Таблица 3. – Временная зависимость показаний тензиометров для почвенных горизонтов в третьем поливе

Глубина, см	Третий полив нормой 43 мм			
	15	30	45	60
Т, мин.	Р, сантибар			
0	44	33	35	36
19	41	33	35	36
23	5	33	35	36
38	2	33	35	36
53	2	31	35	36
56	2	6	35	36
68	2	2	32	36
78	1	2	2	35
97	2	2	2	22
108	2	2	2	12
109	2	2	2	12
110	2	2	2	12
111	2	2	2	10,2
112	2	2	2	8,4
113	2	2	2	8,8
114	2	2	2	7,5
115	2	2	2	6,4
116	2	2	2	6
117	2	2	2	6
118	2	2	2	6
119	2	2	2	6
204	2	2	2	6
215	2	2	2	6
216	2	2	2	6

Сравнение теоретической кривой и экспериментальных данных напора почвенной влаги из таблицы 3 на уровне залегания пласта $z = 15$ см приводится на рисунке 5.

Как показывают расчеты в среде Maple 9.5, рассогласование между теоретической кривой и экспериментальными данными на уровне $z = 15$ см во втором поливе не превышает 4%.

Р, сантибар

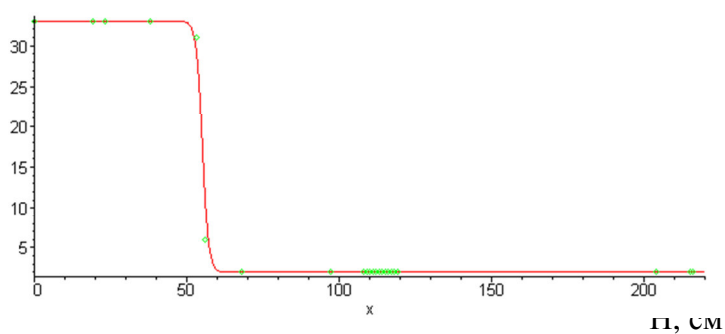


Рис. 5. – Сравнение теоретической кривой напора почвенной влаги и точек эксперимента на уровне $z = 15$ см в третьем поливе

На уровне залегания пласта $z = 30$ см напор почвенной влаги в третьем поливе предлагается определять по формуле:

$$H_3(30, t) = 15,5 \frac{e^{-(t-55)} - 1}{e^{-(t-55)} + 1} + 17,5. \quad (29)$$

Сравнение теоретической кривой и экспериментальных данных напора почвенной влаги из таблицы 3 на уровне залегания пласта $z = 30$ см в третьем поливе приводится на рисунке 6.

Р, сантибар

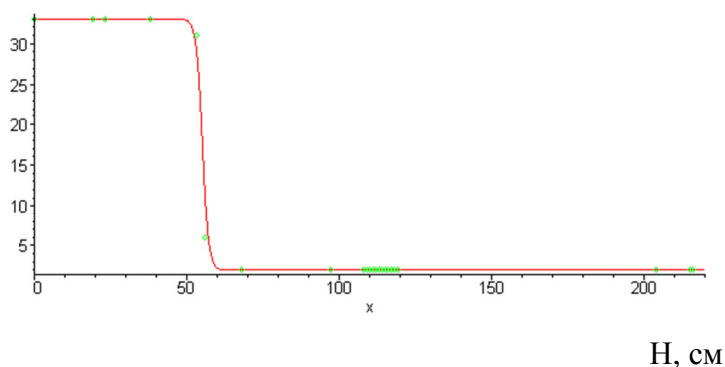


Рис. 6. – Сравнение теоретической кривой напора почвенной влаги и точек эксперимента на уровне $z = 30$ см в третьем поливе

Как показывают расчеты в среде Maple 9.5, рассогласование между теоретической кривой и экспериментальными данными на уровне $z = 30$ см в третьем поливе не превышает 3%.

На уровне залегания пласта $z = 45$ см напор почвенной влаги в третьем поливе предлагается определять по формуле:

$$H_3(45, t) = 16,5 \frac{e^{-(t-70,5)} - 1}{e^{-(t-70,5)} + 1} + 18,5. \quad (30)$$

Сравнение теоретической кривой и экспериментальных данных напора почвенной влаги из таблицы 3 на уровне залегания пласта $z = 45$ см в третьем поливе приводится на рисунке 7.

Р, сантибар

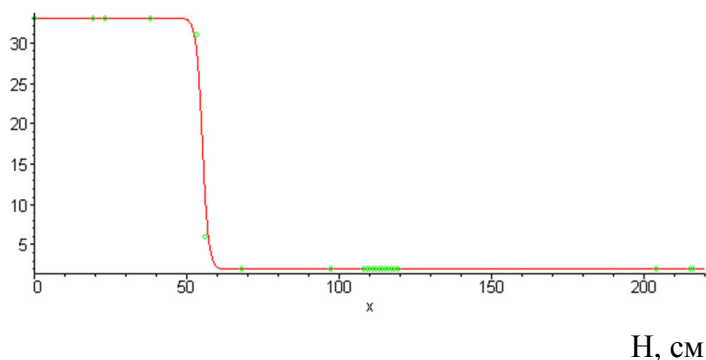


Рис. 7. – Сравнение теоретической кривой напора почвенной влаги и точек эксперимента на уровне $z = 45$ см в третьем поливе

Как показывают расчеты в среде Maple 9.5, рассогласование между теоретической кривой и экспериментальными данными на уровне $z = 45$ см в третьем поливе не превышает 2%.

На уровне залегания пласта $z = 60$ см напор почвенной влаги в третьем поливе предлагается определять по формуле:

$$H_3(45, t) = 15 \frac{e^{-0,18(t-98)} - 1}{e^{-0,18(t-98)} + 1} + 21. \quad (31)$$

Сравнение теоретической кривой и экспериментальных данных напора почвенной влаги из таблицы 3 на уровне залегания пласта $z = 60$ см в третьем поливе приводится на рисунке 8.

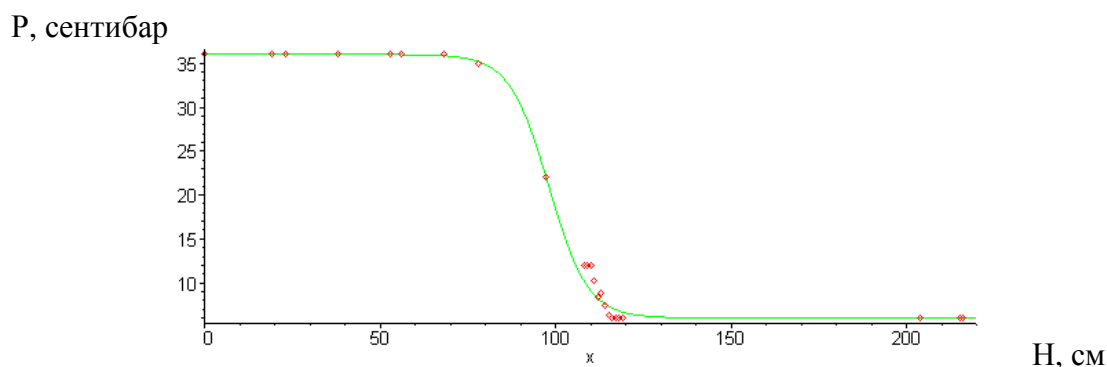


Рис. 8. – Сравнение теоретической кривой напора почвенной влаги и точек эксперимента на уровне $z = 60$ см в третьем поливе

Как показывают расчеты в среде Maple 9.5, рассогласование между теоретической кривой и экспериментальными данными на уровне $z = 60$ см в третьем поливе не превышает 4%.

Рассмотрим граничную задачу по определению напора почвенной влаги с течением времени в четвертом поливе. Экспериментальные данные по распределению давлений на глубинах залегания пласта 15 см, 30 см, 45 см, 60 см представлены в таблице 4.

Зависимость напора почвенной влаги с течением времени при фиксированном уровне залегания пласта будем определять в форме (24). Параметры $\alpha, \beta, \gamma, \frac{\lambda^2}{C_\omega}$ будем находить из условия минимизации рассогласования теоретических кривых и соответствующих им точек эксперимента по методу наименьших квадратов.

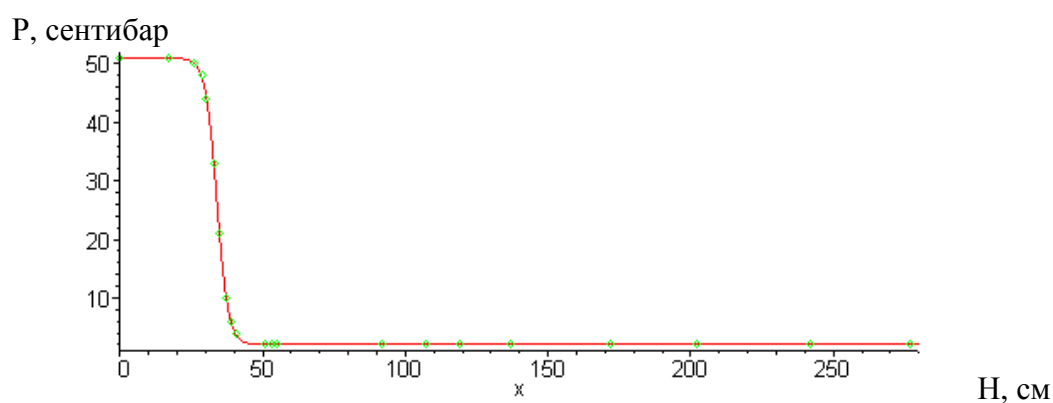
На уровне залегания пласта $z = 15$ см напор почвенной влаги в четвертом поливе предлагается определять по формуле:

$$H_4(15, t) = 24,5 \frac{e^{-0,5(t-34)} - 1}{e^{-0,5(t-34)} + 1} + 26,5. \quad (32)$$

Сравнение теоретической кривой и экспериментальных данных напора почвенной влаги из таблицы 4 на уровне залегания пласта $z = 15$ см приводится на рисунке 9.

Таблица 4. – Временная зависимость показаний тензиометров для почвенных горизонтов в четвёртом поливе

Глубина, см	Четвёртый полив нормой 20 мм			
	15	30	45	60
Т, мин.	Р, центибар			
0	51	49	49	14
17	51	49	25	14
26	50	49	22	14
29	48	49	22	14
30	44	49	22	14
33	33	49	22	14
35	21	49	22	14
37	10	49	22	14
39	6	49	22	14
41	4	49	22	14
51	2	45	22	14
53	2	8	22	14
55	2	6	22	14
92	2	6	22	14
107	2	6	22	14
119	2	6	22	14
137	2	6	22	14
172	2	6	22	14
202	2	6	22	14
242	2	6	22	14
277	2	6	22	14

**Рис. 9.** – Сравнение теоретической кривой напора почвенной влаги и точек эксперимента на уровне $z = 15$ см в четвертом поливе

Как показывают расчеты в среде Maple 9.5, рассогласование между теоретической кривой и экспериментальными данными на уровне $z = 15$ см в четвертом поливе не превышает 2%.

На уровне залегания пласта $z = 30$ см напор почвенной влаги в четвертом поливе предлагается определять по формуле:

$$H_4(30, t) = 21,5 \frac{e^{-2(t-52)} - 1}{e^{-2(t-52)} + 1} + 27,5. \quad (33)$$

Сравнение теоретической кривой и экспериментальных данных напора почвенной влаги из таблицы 4 на уровне залегания пласта $z = 30$ см в третьем поливе приводится на рисунке 10.

Р, центибар

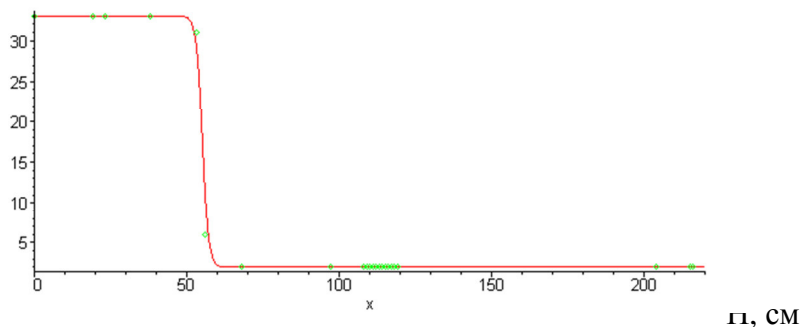


Рис. 10. – Сравнение теоретической кривой напора почвенной влаги и точек эксперимента на уровне $z = 30$ см в четвертом поливе

Как показывают расчеты в среде Maple 9.5, рассогласование между теоретической кривой и экспериментальными данными на уровне $z = 30$ см в третьем поливе не превышает 2%.

На уровне залегания пласта $z = 45$ см напор почвенной влаги в четвертом поливе предлагается определять по формуле:

$$H_3(45, t) = 13,7 \frac{e^{-0,4(t-11,5)} - 1}{e^{-0,4(t-11,5)} + 1} + 35,7. \quad (34)$$

Сравнение теоретической кривой и экспериментальных данных напора почвенной влаги из таблицы 4 на уровне залегания пласта $z = 45$ см в четвертом поливе приводится на рисунке 11.

Р, центибар

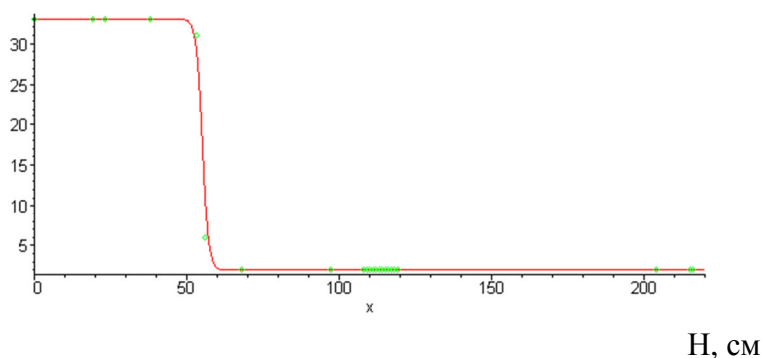


Рис. 11. – Сравнение теоретической кривой напора почвенной влаги и точек эксперимента на уровне $z = 45$ см в четвертом поливе

Как показывают расчеты в среде Maple 9.5, рассогласование между теоретической кривой и экспериментальными данными на уровне $z = 45$ см в четвертом поливе не превышает 2%.

ВЫВОДЫ

1) Расчёты в среде Maple 9.5, дают рассогласование между теоретической кривой и экспериментальными данными в пределах 2-4%, в зависимости от уровня почвенного горизонта, т.е. модель в пределах допустимых погрешностей адекватно отображает процесс движения горизонта увлажнения и может быть использована для прогнозирования результатов реальных экспериментов.

2) Установленная функциональная зависимость между напором почвенной влаги и глубиной фронта увлажнения полностью решает задачу прогнозирования глубинны фильтрации радиационно загрязнённой воды для разных объёмов полива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новик, Ф.С. Математические методы планирования экспериментов в металловедении. Раздел 3. Выбор параметров оптимизации и факторов [Текст] / Ф.С. Новик. – М.: МИСИС, 1971. – 106 с.
2. Адлер, Ю.П. и др. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
3. Львовский, Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул [Текст] / Е.Н. Львовский. – М.: Высшая школа, 1992. – 224 с.
4. Веприков, В.И. Математическое моделирование процессов электрокристаллизации из водного раствора электролита, под действием постоянного магнитного поля. Юбилейный сборник научных трудов ЮРГУЭС [Текст] / В.И. Веприков // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. Приложение №6. – 2004. – С. 153–157.
5. Мелик-Гайказян, И.В. и др. Методология моделирования нелинейной динамики сложных систем [Текст] / И.В. Мелик-Гайказян, М.В. Мелик-Гайказян, В.Ф. Тарасенко. – М.: Физматлит, 2001. – 272 с.
6. Чуличков, А.И. Математические модели нелинейной динамики [Текст] / А.И. Чуличков. – М.: Физматлит, 2000. – 296 с.

REFERENCES

- [1] Novik F.S. Matematicheskie metody planirovaniya eksperimentov v metallovedenii [Mathematical methods of planning of experiments in metallurgical science]. Razdel 3 [Part 3]. Vybore parametrov optimizatsii i faktorov [Choice of parameters of optimization and factors]. M. Pub. MISIS [MISiS], 1971, 106 p. (in Russian)
- [2] Adler Yu.P., Markova E.V., Granovskij Yu.V. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimalnykh uslovij [Planning of experiment by search of optimum conditions]. M. Pub. Nauka [Science], 1976, 279 p. (in Russian)
- [3] Lvovskij E.N. Statisticheskie metody postroeniya empiricheskikh formul [Statistical methods of creation of empirical formulas]. M. Pub. Vysshaya shkola [Higher Education], 1992, ISBN 5-06-001264-6, 224 p. (in Russian)
- [4] Veprikov V.I. Matematicheskoe modelirovanie processov elektrokristallizatsii iz vodnogo rastvora elektrolita, pod dejstviem postoyannogo magnitnogo polya. Yubilejnyj sbornik nauchnyx trudov YuRGUES [Mathematical modeling of processes of electrocrystallization of water solution of electrolyte, under the influence of a constant magnetic field. Anniversary collection of scientific works of SRSSTU]. Izvestiya vysshix uchebnyx zavedenij [News of higher educational institutions]. Severo-Kavkazskij region [North Caucasus region] Texnicheskie nauki [Technical science] Prilozhenie №6 [Appendix № 6]. 2004, ISSN 0321-2653, p. 153–157 (in Russian)
- [5] Melik-Gajkazayan I.V., Melik-Gajkazyan M.V., Tarasenko V.F. Metodologiya modelirovaniya nelinejnoj dinamiki slozhnyh system [Methodology of modeling of nonlinear dynamics of difficult systems]. M. Pub. Fizmatlit [Phismatlit], 2001, ISBN 5-9221-0087-4, 272 p. (in Russian)
- [6] Chulichkov A.I. Matematicheskie modeli nelinejnoj dinamiki [Mathematical models of nonlinear dynamics]. M. Pub. Fizmatlit [Phismatlit]. 2000, ISBN 5-922100-83-1, 296 p. (in Russian)

Mathematical Model of Radiation Safety Technology when Watering the Soil by Small Differentiated Standards in the NPP Sanitary Protection Zone

V.I. Veprikov*¹, Yu.V. Veprikov², Yu.V. Veprikova***²**

¹ *Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
73/94 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360*

² *Institute of services industry and business branch of "Don State Technical University", 147, Shevchenko St.,
Shakhty, Rostov region 346500*

** e-mail: vv_@list.ru ; ** e-mail: veprikow@mail.ru ; *** e-mail: sw_@list.ru*

Abstract – The innovative technology of watering by the differentiated small standards based on exact control of humidity of the soil and excluding a deep filtration of the polluted water is modelled. The technology allows excludes degradation of the soil, differs in simplicity and profitability. In work dependence between the speed of movement of the front of moistening and reduction of density of the soil taking into account the size of interirrigation intervals was investigated. The given experimental results show basic possibility of improvement of density of the soil by application of technology of watering by the differentiated small standards.

Keywords: mathematical modeling, water filtration, watering with small standards, the soil density, soil degradation.

**ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

УДК 365.46:635.92(470.4)

**ПОВЫШЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ КУСТАРНИКОВЫХ
КУЛЬТУР В НАСАЖДЕНИЯХ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ
ТРИДЦАТИКИЛОМЕТРОВОЙ ЗОНЫ РoАЭС**

© 2015 г. С.А. Богоровская

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

Проанализированы видовой состав и декоративные качества кустарников-интродуцентов для их внедрения в зеленые насаждения общего пользования. Разработаны критерии подбора видов для зеленых насаждений Волгодонска.

Ключевые слова: ассортимент кустарниковых растений, декоративные качества, эстетическая привлекательность, биологическое разнообразие.

Поступила в редакцию 18.05.2015

Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция» расположена в Ростовской области на южном берегу Цимлянского водохранилища. В зону РoАЭС радиусом 30 км входят 5 муниципальных образований области, из них наиболее крупным является город Волгодонск, находящийся на расстоянии 13,5 км от РoАЭС.

Климатические и эдафические условия Волгодонска можно охарактеризовать как достаточно специфические для произрастания на его территории кустарниковых культур. Климатические условия района расположения г. Волгодонска соответствуют ландшафтным особенностям засушливой подзоны засушливой степной зоны. Засушливость климата обусловлена интенсивностью солнечной радиации, неравномерностью выпадения осадков по сезонам года и преобладанием сухих ветров восточной направляющей. Почвенный покров района расположения Волгодонска слагают преимущественно почвы каштанового комплекса с содержанием гумуса 2–4 %.

В условиях урбанизированной среды воздействие данных факторов на произрастание зеленых насаждений усиливается за счет влияния стационарных и передвижных источников загрязнения биосферы.

Город Волгодонск является крупным промышленным центром юга России, в связи с этим состояние природной среды – это одна из наиболее острых социально-экологических проблем, затрагивающая интересы и здоровье каждого жителя. Особая актуальность повышения биоразнообразия дендрофлоры в ландшафтах Волгодонска связана с бедным видовым составом естественной древесно-кустарниковой растительности. Учитывая комплексное влияние урбанизированной среды и климатических факторов на рост и развитие зеленых насаждений, приобретает актуальность вопрос состояния кустарниковых культур на территории города, выполняющих средозащитную, рекреационную, эстетическую функции, поскольку введение кустарников в озеленительные посадки урболандшафтов создает пейзажно-красочный эффект на объектах озеленения во время цветения, плодоношения, осенней окраски.

Экологическую эффективность озелененных городских территорий можно значительно повысить за счет адаптированных интродуцентов, обладающих выше обозначенными свойствами. Устойчивость отдельных видов в условиях Волгодонска очевидна. Подтверждением этому могут служить Волгодонской дендропарк, имеющий статус особо охраняемой территории областного значения, а также музей под открытым небом ЦДОД «Радуга», в коллекциях которых на протяжении многих лет успешно произрастают интродуценты из разных уголков мира.

Учитывая то, что в настоящее время видовой состав произрастающих зеленых культур в насаждениях общего пользования Волгодонска не установлен по причине отсутствия реестра, можно ориентировочно говорить о количественном и качественном их составе. Среди кустарников, произрастающих групповыми посадками, наиболее распространенными видами являются сирень обыкновенная, спирея Вангутта, можжевельник казацкий, снежногидник белый, свидина кроваво-красная, жимолость татарская, самшит вечнозеленый и другие. Ассортимент произрастающих культур адаптирован к местным условиям, но относительно однороден и недостаточно эстетичен.

В Волгодонске работы по посадке и уходу за зелеными насаждениями ведутся двумя организациями – ООО «Зеленое хозяйство» и ООО «Созидатель». Обе организации также занимаются выращиванием на своих территориях посевного и посадочного материала, используемого в дальнейшем для озеленения города. Заказчиком работ по благоустройству города выступает Департамент строительства и городского хозяйства.

С целью повышения биоразнообразия кустарниковых культур рассмотрены отдельные виды, устойчивые в условиях урбанизированных ландшафтов засушливой зоны. В нижеприведенной таблице представлены интродуценты с учетом их особенностей к климатическим и эдафическим условиям г. Волгодонска (табл. 1).

Исследованиями установлено, что насаждения из адаптированных декоративных кустарников оказывают влияние на химические и физические свойства каштановых почв [1]. Наибольшие прибавки гумуса получены под насаждениями с участием кустарников семейства розоцветных (*Rosaceae*). За 30-летний период воздействия таких насаждений образовывается лесная подстилка толщиной до 2-3 см, увеличивается содержание гумуса и азота. Из предложенного ассортимента кустарников 3 вида – кизильники блестящий и горизонтальный, пираканта узколистная относятся к семейству розоцветных.

При подборе ассортимента кустарников, предназначенных для создания полифункциональных озеленительных посадок, необходим учет длительности проявления их декоративных признаков. Декоративность видов в течение вегетационного периода определяется сезонной окраской ствола и ветвей, листьев, цветов, плодов и их формой – в соответствии с Научно-методическими указаниями ГНУ ВНИАЛМИ РосСельхозАкадемии (табл. 2) [2].

Таблица 1. – Лесоводственная характеристика кустарниковых культур

Порода	Отношение к плодородию почвы	Отношение к засухе	Морозоустойчивость	Отношение к запыленности воздуха
1	2	3	4	5
Пираканта узколистная	средне требовательна	Засухоустойчива	Морозоустойчива	среднее
Кизильник горизонтальный	относительно требователен	Относительно устойчив	морозостоек	нетребователен

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Дейция изящная	нетребовательна	засухоустойчива	морозоустойчива	устойчива
Можжевельник казацкий пестролистный	нетребователен	засухоустойчив	морозоустойчив	устойчив
Бересклет японский	не очень требователен	устойчив	относительно устойчив	устойчив
Барбарис Тунберга	неприхотлив	устойчив	морозо- и зимостоек	устойчив
Магония падуболистная	относительно нетребователен	относительно устойчива	устойчива	устойчив
Кизильник блестящий	средне требователен	засухоустойчив	зимостоек	устойчив

Таблица 2. – Длительность проявления декоративности у интродуцентов

Порода	Оценка декоративности (баллы) и длительность эстетического воздействия (месяцы)						
	цветки	плоды	форма листьев	окраска листьев	форма ветвления	форма кроны	сумма баллов
Пираканта	5*1	6*3	6*12	6*12	4*12	4*12	263
Кизильник горизонтальный	5*1	6*6	6*8	6*8	2*12	6*8	203
Дейция изящная	6*1	6*3	6*8	6*8	2*12	6*8	192
Можжевельник казацкий	3*1	6*3	6*12	6*12	2*12	6*12	261
Бересклет японский	4*1	5*2	6*8	6*8	3*12	6*8	194
Барбарис Тунберга	5*1	6*3	6*8	6*8	2*12	6*8	191
Магония падуболистная	6*1	6*2	6*8	6*8	2*12	6*8	186
Кизильник блестящий	5*1	6*3	6*8	6*8	4*12	5*8	207

Анализ выше приведенной таблицы демонстрирует, что все предложенные виды кустарников обладают высокими декоративными достоинствами, однако лиственные породы имеют балл декоративности ниже, чем хвойные виды.

ВЫВОДЫ

1) Комплексная оценка интродуцированных кустарников по эколого-физиологическим показателям позволила определить их пригодность для выращивания в экстремальных условиях засушливого региона.

2) Из значительного ассортимента интродуцированных кустарников были выбраны отдельные виды, привлекательные по комплексу признаков и адаптированные в условиях сухой степи.

3) Введение иноземных видов в городские насаждения позволит разнообразить видовой состав зеленого фонда 30-тикилометровой зоны РоАЭС, повысить его санитарно-защитные и эстетические функции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костюков, С.М. Биоэкологическое обоснование ассортимента кустарников для озеленения урболандшафтов Нижнего Поволжья: автореф. дис. канд. с.-х. наук [Текст] / С.М. Костюков – Волгоград, 2012. – 30 с.
2. Кулик, К.Н. и др. Повышение биоразнообразия кустарников в рекреационно-озеленительных насаждениях засушливого пояса России (научно-методические указания) [Текст] / К.Н. Кулик, И.П. Свинцов, А.В. Семенютина. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2008. – 63 с.

REFERENCES

- [1] Kostukov S.M. Bioekologicheskoe obosnovanie assortimenta kustarnikov dlja ozelenenija urbolandshaftov Nizhnego Povolzh'ja [Bioecological justification of the range of bushes for gardening of urbolandshaft of Lower Volga area]: avtoref. dis. kand. s.-kh. nauk [PhD thesis abstract in agricultural sciences]. Volgograd, 2012, 30 p. (in Russian)
- [2] Kulik K.N., Svintsov I.P., Semenutina A.V. Povyshenie bioraznoobrazija kustarnikov v rekreacionno-ozelenitel'nykh nasazhdenijakh zasushlivogo pojasa Rossii (nauchno-metodicheskie ukazaniya) [Increase of a biodiversity of bushes in a recreational ozelenitel'nykh plantings of a droughty belt of Russia (scientific study guide)] Volgograd, Pub. VNIALMI [All-Russian research institute of an agrolesomelioration], 2008. 63 p. (in Russian)

Increase of Shrubby Cultures Biodiversity in Public Plantings of the Rostov Nuclear Power Plant Thirty-kilometre Zone

S.A. Bogorovskaya

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
73/94 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360
e-mail: swetlinka1@mail.ru*

Abstract – The specific structure and decorative qualities of bushes-introduced species for their implementation in public green plantings are analysed. Criteria of type selection are developed for green plantings of Volgodonsk.

Keywords: range of shrubby plants, decorative qualities, esthetic appeal, biodiversity.

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

УДК 621.9.048.7

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ ДЛЯ
СОЗДАНИЯ ТЕРМОЭМИССИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ
(ТЭП) ИЗ МОНОКРИСТАЛЛОВ ВОЛЬФРАМА**

© 2015 г. В.Н. Ластовиря*, В.В. Новокрещенов,
Р.В. Родякина****

** Московский государственный индустриальный университет, Москва*

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

В статье рассматриваются две различные технологии получения моногранной полый трубки требуемых размеров. Одна из них основана на изготовлении двух полуцилиндров с заданной кристаллографической ориентацией рабочей поверхности, а вторая — на ориентированном сопряжении двух предварительно изготовленных полых заготовок. Полученные в работе результаты свидетельствуют, что рассмотренные технологии позволяют получать моногранные полые трубки, которые могут быть использованы для изготовления ТЭПов.

Ключевые слова: монокристалл, электронно-лучевая сварка (ЭЛС), моногранная полая трубка, кристаллографическая ориентация, субструктура, углы разориентации.

Поступила в редакцию 15.05.2015

В настоящее время методы выращивания монокристаллов тугоплавких металлов, в том числе вольфрама, позволяют получать их в виде слитков диаметром до 50 мм и длиной до 500 мм. Создание из таких полуфабрикатов изделий сложной геометрии и формы возможно только путем сварки отдельных элементов в виде пластин, полос, полуцилиндров и других элементов небольших размеров. Такие элементы получают путем электроискровой резки предварительно ориентированных монокристаллических слитков. В этом случае наряду с решением чисто конструктивных задач, существует возможность в максимальной степени использовать главное достоинство монокристалла — анизотропию его физических и механических свойств. Кроме того, отсутствие в структуре монокристалла большеугловых ($\theta > 5$ град.) границ, обеспечивает высокую устойчивость и сопротивляемость разрушению катодов при воздействии на их структуру продуктов деления ядерного топлива.

Технология получения моногранной полый трубки требуемых размеров основана на изготовлении двух полуцилиндров с заданной кристаллографической ориентацией рабочей поверхности. Для этого монокристаллический слиток предварительно ориентируют методом обратной съемки по Лауэ, а затем вырезают из него пластины требуемых размеров и кристаллографической ориентации поверхности (рис. 1). Основные типы кристаллографической ориентации вырезаемых пластин представлены в таблице 1. Затем пластину деформируют в специальной оснастке для придания ей формы полуцилиндра (рис. 2). Деформирование проводили в специализированной вакуумной камере при температуре 1750 °С. Скорость приложения нагрузки P составляла 0,5 мм/мин. Скорость нагрева до рабочей температуры и скорость

охлаждения после завершения процесса деформирования пластины в полуцилиндр не превышала 20 °С/мин. Затем полуцилиндры в специальной оснастке соединяют двумя сварными швами (рис. 3), выполняемыми навстречу друг другу, электронно-лучевой сваркой (ЭЛС). Скорость сварки составляет не менее 70 м/ч. После сварки и электрохимической полировки рабочих поверхностей трубка может быть использована для изготовления катода ТЭП, вид которого представлен на рисунке 4.

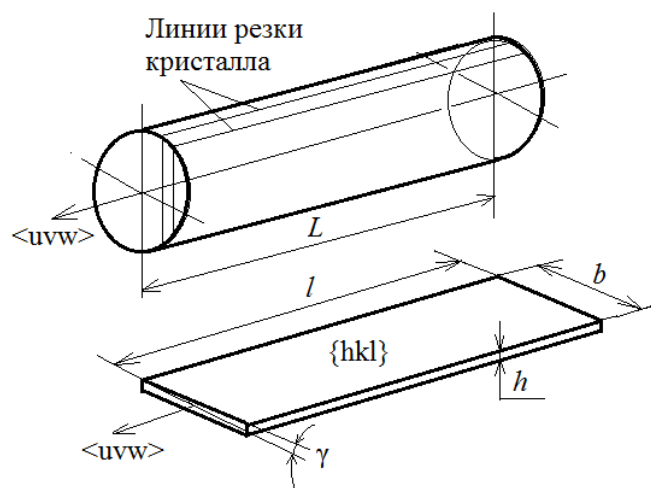


Рис. 1. – Схема вырезки пластины с требуемой ориентацией плоскости на поверхности $\{hkl\}$ из монокристаллического слитка с продольной осью, совпадающей с кристаллографическим направлением $\langle uvw \rangle$; γ — угол отклонения плоскости на поверхности пластины от плоскости $\{hkl\}$, величина которого не должно превышать 1 град

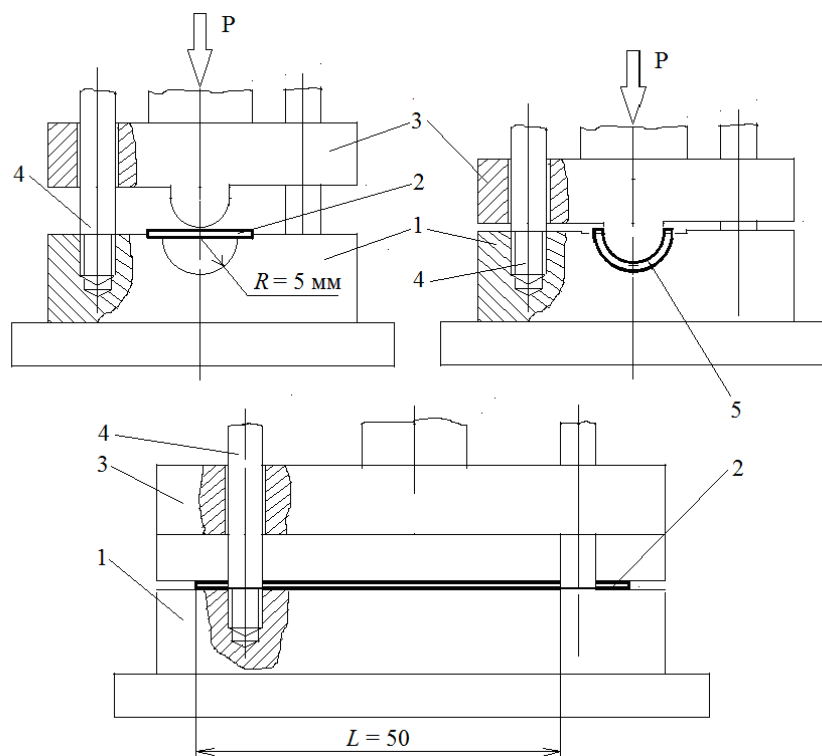


Рис. 2. – Оснастка для формирования монокристаллических полуцилиндров диаметром 5 мм

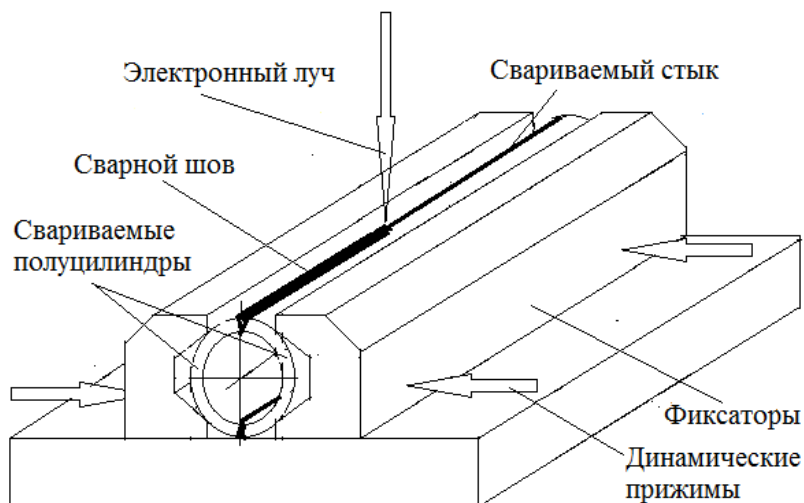


Рис. 3. – Оснастка для сварки монокристаллического цилиндрического катода из двух полуцилиндров



Рис. 4. – Моногранный монокристаллический катод диаметром 10 и длиной 40 мм, полученный электронно-лучевой сваркой двух полуцилиндров

Таблица 1. – Основные типы кристаллографической ориентации вырезаемых пластин

Ориентация поверхности пластины	Ориентация продольного направления пластины (продольная ось слитка)	Ориентация плоскости, совпадающей с продольной плоскостью сварного шва
{100}	$\langle 100 \rangle$	{100}
{100}	$\langle 110 \rangle$	{110}
{110}	$\langle 100 \rangle$	{110}
{110}	$\langle 110 \rangle$	{100}
{110}	$\langle 111 \rangle$	{112}
{111}	$\langle 110 \rangle$	{112}
{111}	$\langle 112 \rangle$	{110}

Основной операцией данной технологии изготовления моногранной трубы является высокотемпературная пластическая деформация монокристаллической пластины. В этом случае важным критерием является влияние процесса деформирования на изменение плотности дислокаций и углы разориентации по субграницам. В исходном состоянии монокристалл вольфрама, полученный методом электронно-лучевой бестигельной зонной плавки (ЭЛБЗП), отличается высоким совершенством кристаллического строения: плотность дислокаций, оцениваемая количеством ямок травления на плоскости (100), составляет $6 \cdot 10^6 - 10^7 \text{ см}^{-2}$, а угол разориентации по субграницам не превышает 0,5–1 град. (рис. 5). После формирования полуцилиндра его структура сохраняет монокристалльность, но ее показатели существенно изменяются: плотность дислокаций увеличивается примерно до $10^8 - 8 \cdot 10^9 \text{ см}^{-2}$, а углы разориентации по субграницам до 2–3 град.



Рис. 5. – Субструктура монокристалла вольфрама в исходном состоянии; $\times 80$

Полуцилиндры с такими характеристиками структуры сваривались, а затем подвергались высокотемпературному отжигу при температуре 2500°C продолжительностью до 40 часов. Цель данной термообработки – оценка стабильности кристаллографии и структурного состояния сварной моногранной трубы.

Результаты проведенных исследований показывают, что в результате проведенной термообработки в структуре происходят заметные изменения, но при этом кристаллографическая ориентация поверхности трубы сохраняется без изменения. Плотность дислокаций существенно снижается, практически вплоть до исходных значений ($10^7 - 8 \cdot 10^7 \text{ см}^{-2}$), а углы разориентации в металле шва изменяются неоднозначно. В основной зоне металла шва их величина несколько снижается, стабилизируясь, как правило, после 10-часовой термообработки (рис. 6 и 7), а угол разориентации по субгранице, образующейся в процессе сварки по центру шва, увеличивается (рис. 8 и 9). Максимальные значения его и стабилизация наблюдаются после 20-часового отжига при температуре 2500°C .

Другой вариант получения моногранных монокристаллических трубок, предназначенных для изготовления ТЭП, основан на ориентированном сопряжении двух предварительно изготовленных полых заготовок.

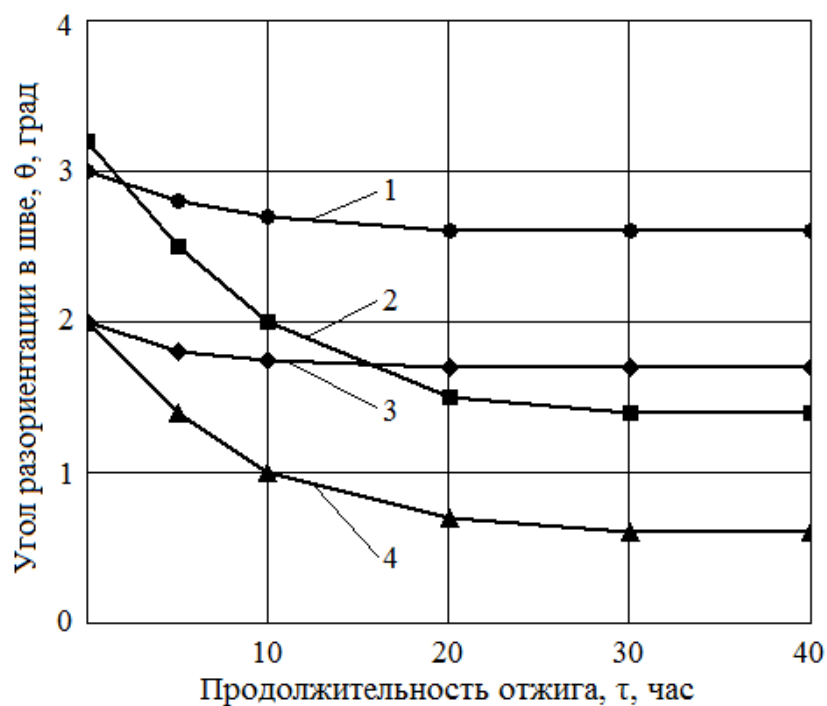


Рис. 6. – Изменение угла разориентации по субграницам в металле шва сварного катода после отжига при температуре 2500 °C: 1 – $(100)\langle 100 \rangle$, $V_{св}=32$ м/ч; 2 – $(100)\langle 100 \rangle$, $V_{св}=96$ м/ч; 3 – $(100)\langle 110 \rangle$, $V_{св}=32$ м/ч; 4 – $(100)\langle 110 \rangle$, $V_{св}=96$ м/ч

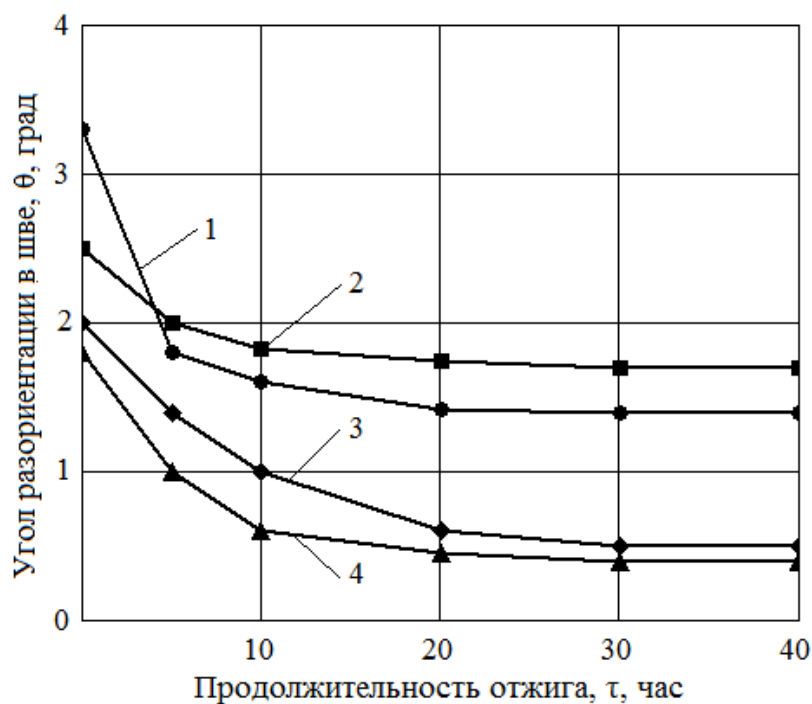


Рис. 7. – Изменение угла разориентации по субграницам в металле шва сварного катода после отжига при температуре 2500 °C: 1 – $(110)\langle 100 \rangle$, $V_{св}=32$ м/ч; 2 – $(110)\langle 100 \rangle$, $V_{св}=96$ м/ч; 3 – $(110)\langle 110 \rangle$, $V_{св}=32$ м/ч; 4 – $(110)\langle 110 \rangle$, $V_{св}=96$ м/ч

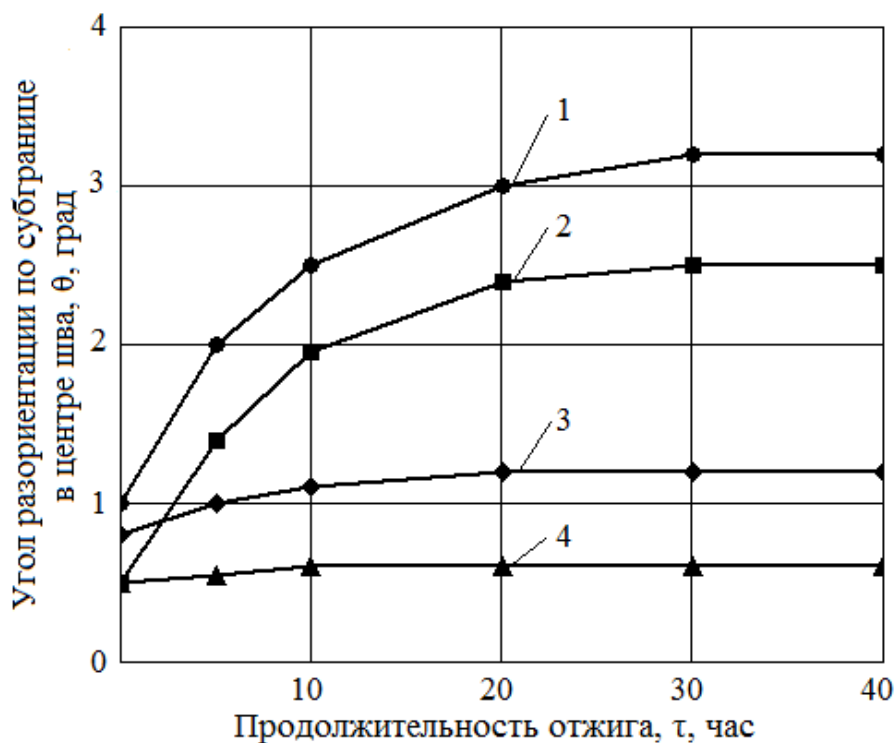


Рис. 8. – Изменение угла разориентации по субгранице в центре шва сварного катода после отжига при температуре 2500 °С: 1 – $(100)\langle 100 \rangle$, $V_{св}=32$ м/ч; 2 – $(100)\langle 100 \rangle$, $V_{св}=96$ м/ч; 3 – $(100)\langle 110 \rangle$, $V_{св}=32$ м/ч; 4 – $(100)\langle 110 \rangle$, $V_{св}=96$ м/ч

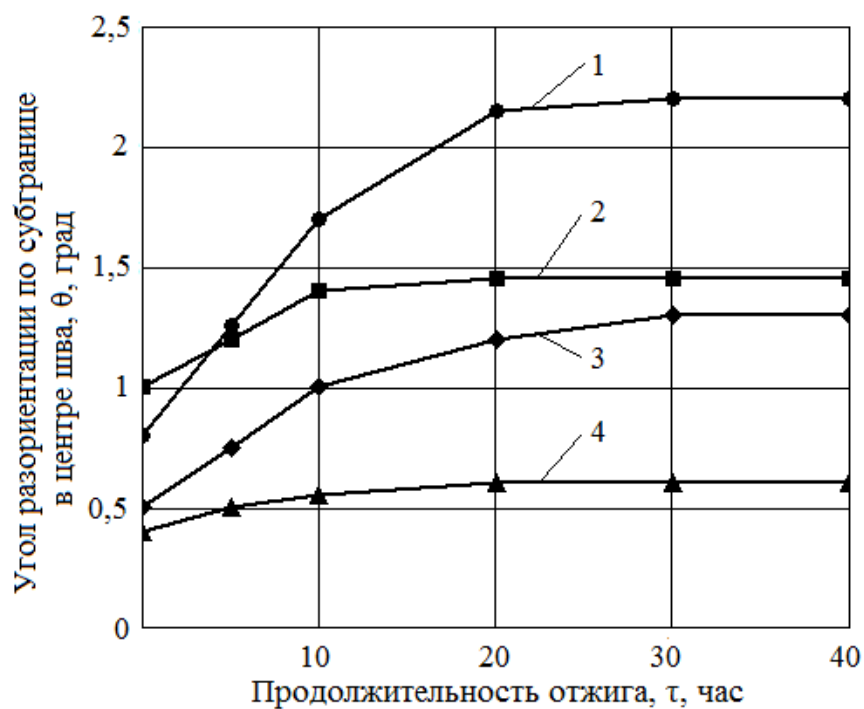


Рис. 9. – Изменение угла разориентации по субгранице в центре шва сварного катода после отжига при температуре 2500 °С: 1 – $(110)\langle 100 \rangle$, $V_{св}=32$ м/ч; 2 – $(110)\langle 100 \rangle$, $V_{св}=96$ м/ч; 3 – $(110)\langle 110 \rangle$, $V_{св}=32$ м/ч; 4 – $(110)\langle 110 \rangle$, $V_{св}=96$ м/ч

Из монокристаллического слитка диаметром $D > d_0$ и длиной $L > 2l_0$ механической и последующей электрохимической обработкой изготавливают две заготовки I и II (рис. 10).

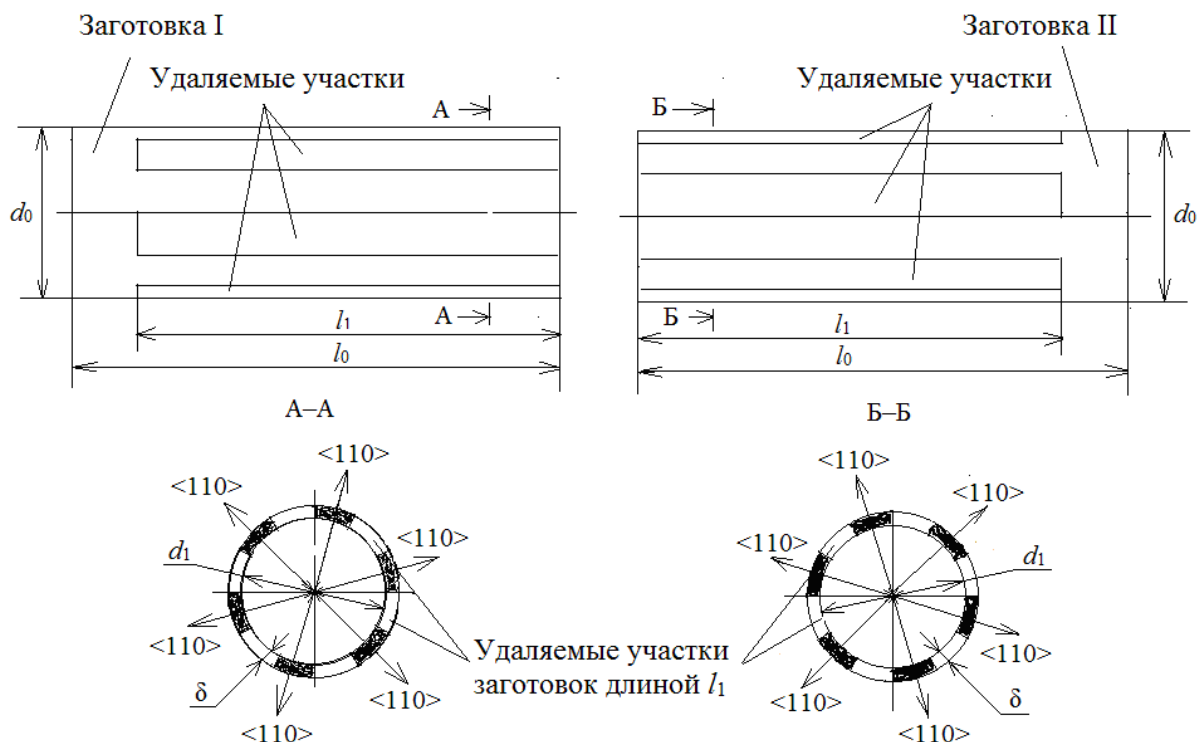


Рис. 10. – Вид и геометрия заготовок для изготовления моногранного катода после механической обработки и вырезки участков с непрофильной ориентацией поверхности

В рассматриваемом случае был использован монокристалл вольфрама, продольная ось которого совпадала с кристаллографическим направлением $\langle 111 \rangle$. В соответствии со стереографией, у такого слитка на боковой поверхности имеется шесть зон, ориентация которых совпадает с кристаллографической плоскостью (110) . Они располагаются симметрично относительно друг друга с интервалом в 60 градусов. У полученных заготовок с толщиной стенки $\delta = d_0 - d_1$ электроискровой резкой по предварительной разметке удаляются участки с промежуточной кристаллографической ориентацией. Ширина удаляемых участков определяется по соотношению $\pi d_0 / 12$. После этого заготовки сопрягаются по схеме, представленной на рисунке 11. Предварительно в технологическом участке одной из заготовок выполняется отверстие диаметром d_v для вакуумирования внутреннего объема собранных под сварку заготовок. У такой заготовки получается 12 стыков сопряженных участков, кристаллографическая ориентация которых однородна. В данном случае она совпадает с кристаллографической плоскостью (110) . Таким образом, получается заготовка с практически однородной, моногранной кристаллографией поверхности. Сварку стыков осуществляют электронным лучом в вакууме (рис. 12). Технология ЭЛС монокристаллов достаточно полно и подробно рассмотрена в работах [3, 4].

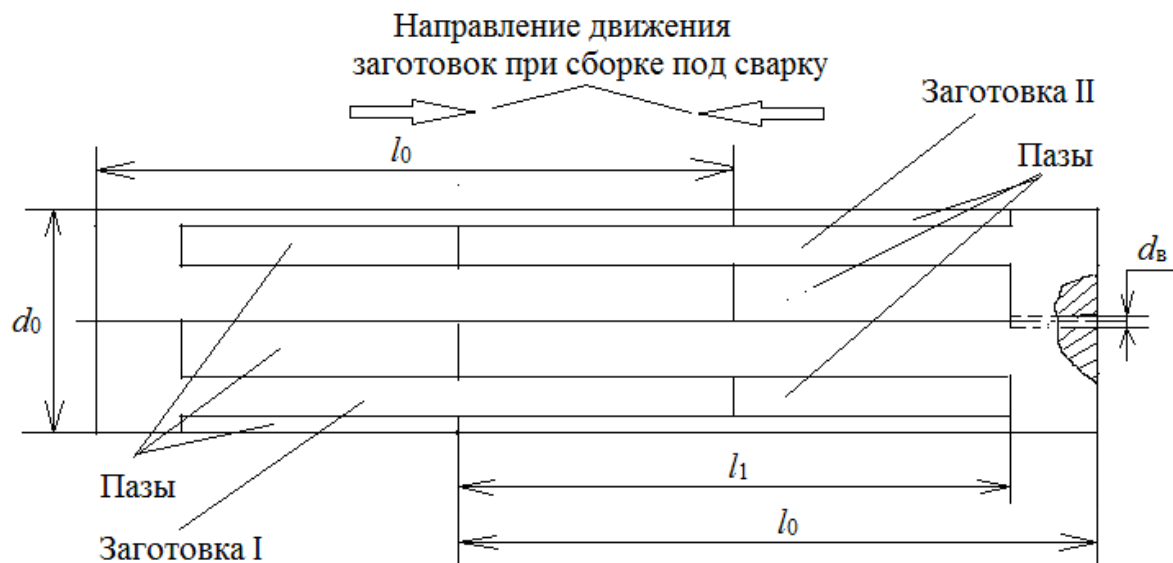


Рис. 11. – Сборки заготовок под сварку; d_0 — технологическое отверстие для вакуумирования внутренней полости заготовок при сварке

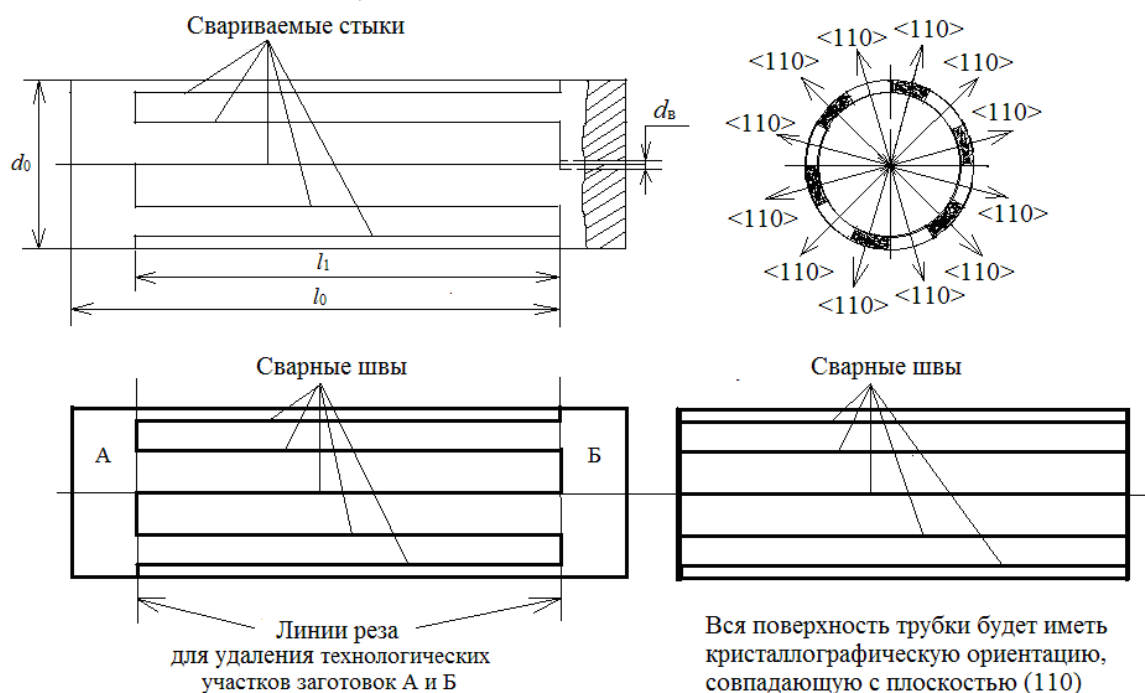


Рис. 12. – Электронно-лучевая сварка стыков и окончательная вырезка монокристаллического катода

Проведенные исследования показали, что при ЭЛС монокристаллов вольфрама обеспечиваются условия для эпитаксиальной кристаллизации металла шва, в результате чего его кристаллография соответствует кристаллографии свариваемых монокристаллов. После сварки стыков электроискровой резкой от заготовки отделяют технологические участки, получая, таким образом, полую монокристаллическую трубку, которая также может быть использована для изготовления катода термоэмиссионного преобразователя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лякишев, Н.П. и др.* Металлические монокристаллы [Текст] / Н.П. Лякишев, Г.С. Бурханов. – М.: ЭЛИЗ, 2002. – 312 с.
2. *Новокрещенов, В.В. и др.* Формирование структуры металла шва при электронно-лучевой сварке монокристаллов вольфрама [Текст] / В.В. Новокрещенов, Р.В. Родякина. // Вестник МЭИ. – 2013. – №4. – С. 19–24.
3. *Новокрещенов, В.В. и др.* Структура и механические свойства сварных соединений монокристаллов вольфрама, выполненных электронно-лучевой сваркой [Текст] / В.В. Новокрещенов, Р.В. Родякина. // Вестник МЭИ. – 2013. – №5. – С. 16–22.
4. *Ластовиря, В.Н. и др.* Формирование субструктуры и кристаллографии сварных соединений монокристаллов вольфрама [Текст] / В.Н. Ластовиря, В.В. Новокрещенов, Р.В. Родякина // Сварочное производство. – 2015. – № 3. – С. 20–25.

REFERENCES

- [1] Lyakishev N.P., Burxanov G.S. Metallicheskie monokristally [Metal monocrystals]. M. Pub. ELIZ [E- Pub], 2002, ISBN 5-901179-04-8, 312 p. (in Russian)
- [2] Novokreshhenov V.V., Rodyakina R.V. Formirovanie struktury metalla shva pri elektronno-luchevoj svarke monokristallov volframa [Formation of structure of metal of a seam at electron beam welding of monocrystals of tungsten]. Vestnik MEI [Bulletin of the Moscow power institute], 2013, №4, ISSN 19936982, p. 19–24. (in Russian)
- [3] Novokreshhenov V.V., Rodyakina R.V. Struktura i mexanicheskie svoystva svarnyx soedinenij monokristallov volframa, vypolnennyx elektronno-luchevoj svarkoj [Structure and mechanical properties of welded connections of the monocrystals of tungsten executed by electron beam welding]. Vestnik MEI [Bulletin of the Moscow power institute], 2013, №5, ISSN 19936982, p. 16–22. (in Russian)
- [4] Novokreshhenov V.V., Rodyakina R.V. Formirovanie substrukturny i kristallografii svarnyx soedinenij monokristallov volframa [Formation of a substructure and crystallography of welded connections of monocrystals of tungsten]. Svarochnoe proizvodstvo [welding fabrication], 2015, №3, ISSN 0491-6441, p. 20–25. (in Russian)

Use of Electron Beam Welding for Creation of Thermoissue Converters (TEC) from Tungsten Monocrystals

V.N. Lastovirya*¹, V.V. Novokreshhenov², R.V. Rodyakina**³**

** Moscow state industrial university,
16 Avtozavodskaya, Moscow, Russia 115280*

*** National research university "MPEI",
14 Krasnoznamennaya St., Moscow Russia 111250*

¹e-mail: lvn3@mail.msiu.ru; ²e-mail: novik161041@mail.ru

³email: reginarodyakina@mail.ru

Abstract – In article two various technologies of receiving a mono-faced hollow tube of the demanded sizes are considered. One of them is based on production of two semi-cylinders with the set crystallographic orientation of a work face, and the second is on the focused interface of two previously made hollow preparations. The results received in work testify that the considered technologies allow to receive mono-faced hollow tubes which can be used for production TECs.

Keywords: monocrystal, electron beam welding (EBW), mono-faced hollow tube, crystallographic orientation, substructure, orientation corners.

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

УДК 621.311.25:621.039

**ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКЕ СИГНАЛОВ**

© 2015 г. Ю.Е. Ульянова, Р.Г. Бабенко, А.В. Чернов

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

В статье представлен сравнительный анализ частотно-временных преобразований, используемых для цифровой обработки сигналов, таких как непрерывное преобразование Фурье, Вейвлет-преобразование и преобразование Гилберта-Хуанга.

Ключевые слова: частотно-временные преобразования, преобразование Фурье, Вейвлет-преобразование и преобразование Гилберта-Хуанга.

Поступила в редакцию 20.05.2015

Любой непрерывный (аналоговый) сигнал может быть представлен в цифровой форме, то есть, подвергнут дискретизации по времени и квантованию по уровню (оцифровке). Исходный сигнал преобразуется в некоторый другой сигнал, имеющий требуемые свойства при помощи математических алгоритмов.

Итак, в данной статье будет представлен сравнительный анализ частотно-временных преобразований, используемых для цифровой обработки сигналов, таких как непрерывное преобразование Фурье, Вейвлет-преобразование и преобразование Гилберта-Хуанга.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ (ПФ)

Интегральное преобразование и ряды Фурье лежат в основе спектрального анализа сигналов.

В пространстве функций, заданных на конечном интервале $(0, T)$, норма, как числовая характеристика произвольной функции $s(t)$, вычисляется как корень квадратный из скалярного произведения функции.

Базис пространства может быть образован любой ортогональной системой функций. Система комплексных экспоненциальных функций получила наибольшее применение в спектральном анализе. Проекция сигнала на данный базис определяется выражением:

$$S_N = (1/T) \int_0^T s(t) \exp(-jn\Delta\omega t) dt, \quad n \in (-\infty, \infty) \quad (1)$$

где $\Delta\omega = 2\pi/T$ – частотный аргумент векторов.

При известных выражениях базисных функций сигнал $s(t)$ однозначно определяется совокупностью коэффициентов S_n и по этим коэффициентам может быть абсолютно точно восстановлен (реконструирован):

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} S_n \cdot \exp(jn\Delta\omega t) \quad (2)$$

Уравнения (1) и (2) называют прямым и обратным преобразованием Фурье сигнала $s(t)$. Любая функция гильбертова пространства может быть представлена в виде комплексного ряда Фурье (2), который называют спектром сигнала или его Фурье-образом.

Таким образом, ряд Фурье – это разложение сигнала $s(t)$ по базису пространства ортонормированных гармонических функций с изменением частоты, кратной частоте первой гармоники. Отсюда следует, что ортонормированный базис пространства построен с помощью масштабного преобразования независимой переменной из одной функции.

С позиций анализа произвольных сигналов и функций в частотной области и точного восстановления после преобразований можно отметить ряд недостатков разложения сигналов в ряды Фурье. Основные из них:

- Т.к. в частотной области происходит «размазывание» особенностей сигналов (разрывов, ступенек, пиков и т.п.) по всему частотному диапазону спектра, то это приводит к ограничению информативности анализа нестационарных сигналов и к практически полному отсутствию возможностей анализа их особенностей.

- Гармонические базисные функции разложения не способны отображать перепады сигналов с бесконечной крутизной типа прямоугольных импульсов, т.к. для этого требуется бесконечно большое число членов ряда.

- Преобразование Фурье отображает глобальные сведения о частотах исследуемого сигнала и не дает представления о локальных свойствах сигнала при быстрых временных изменениях его спектрального состава. Так, например, преобразование Фурье не различает стационарный сигнал с суммой двух синусоид от нестационарного сигнала с двумя последовательно следующими синусоидами с теми же частотами, т.к. спектральные коэффициенты вычисляются интегрированием по всему интервалу задания сигнала. Преобразование Фурье не имеет возможности анализировать частотные характеристики сигнала в произвольные моменты времени.

Данные недостатки стимулировали развитие вейвлетного преобразования.

ПРИНЦИП ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Гармонические базисные функции преобразования Фурье предельно локализованы в частотной области и не локализованы во временной (определены во всем временном интервале от $-\infty$ до ∞). Их противоположностью являются импульсные базисные функции типа импульсов Кронекера, которые "размыты" по всему частотному диапазону и предельно локализованы во временной области. Вейвлеты по локализации в этих двух представлениях можно рассматривать как функции, занимающие промежуточное положение между импульсными и гармоническими функциями. Они должны быть локализованными как в частотной, так и во временной области представления. Однако при проектировании таких функций сталкиваются с принципом неопределенности, связывающим эффективные значения длительности функций и ширины их спектра. Чем точнее осуществляется локализация временного положения функции, тем шире становится ее спектр, и наоборот, что наглядно видно на рисунке 1.

Использование семейства функций, реализующих различные варианты соотношения неопределенности, является отличительной особенностью вейвлет-анализа. Соответственно, исследователь имеет возможность гибкого выбора между ними и применения тех вейвлетных функций, наиболее эффективно решающих поставленные задачи.

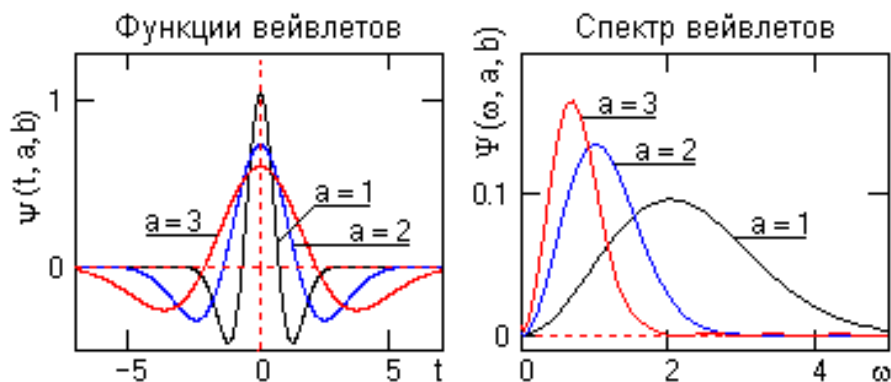


Рис. 1. – Принцип вейвлет-преобразования

Пример вейвлет-преобразования токового сигнала приведен на рисунке 2. Вид поверхности определяет изменения во времени спектральных компонент различного масштаба и называется частотно-временным спектром. Поверхность изображается на рисунках, как правило, в виде изолиний или условными цветами. Для расширения диапазона масштабов может применяться логарифмическая шкала.

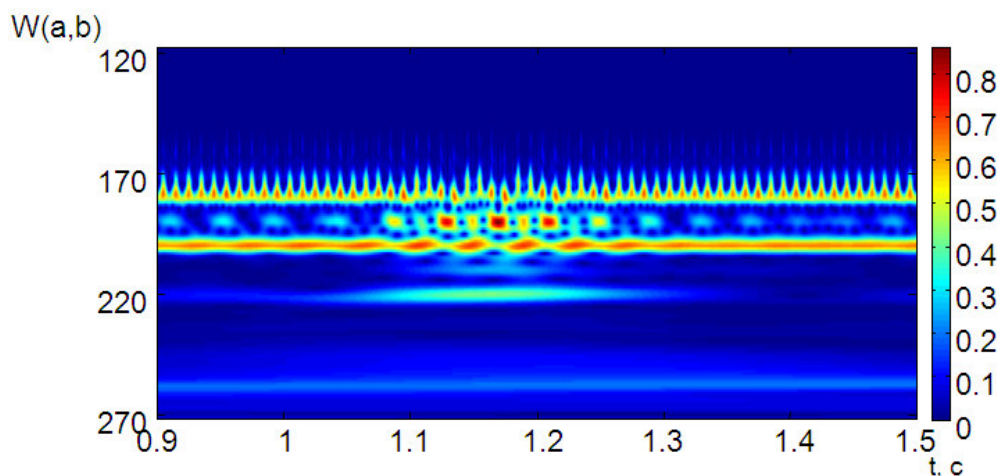


Рис. 2. – Пример вейвлет-преобразования токового сигнала

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ГИЛЬБЕРТА–ХУАНГА

Преобразование Гильберта–Хуанга (англ. *HHT*) – это преобразование, представляющее собой разложение сигнала на эмпирические моды, с последующим применением к полученным компонентам разложения преобразования Гильберта и получения целостной информации об амплитудно-частотно-временных параметрах сигнала.

Под преобразованием Гильберта–Хуанга (ННТ) понимается метод эмпирической модовой декомпозиции (EMD) нелинейных и нестационарных процессов и Гильбертов спектральный анализ (HSA). Преобразование Гильберта–Хуанга представляет собой частотно-временной анализ данных и не требует априорного функционального базиса преобразования. Мгновенные частоты вычисляются от производных фазовых функций Гильбертовым преобразованием функций базиса.

Метод эмпирической модовой декомпозиции (EMD) предназначен для анализа нестационарных и нелинейных процессов. В отличие от Фурье и вейвлет-анализа EMD является прямым, интуитивным, адаптивным с апостериорно определяемым базисом,

зависящим от данных сигнала и построенным по методу декомпозиции.

Декомпозиция основана на предположении, что любые данные состоят из различных простых внутренних модовых колебаний. Каждая внутренняя мода, линейная или нелинейная, представляет простое колебание, содержащее то же количество экстремумов и нулевых пересечений. Более того, колебания симметричны относительно локального среднего значения. В любой момент времени может сосуществовать множество внутренних колебаний, накладываемых друг на друга. Сами данные сигнала представляют собой сумму всех модовых колебаний. Каждое из модовых колебаний представляет собой внутреннюю модовую функцию (IMF), определяемую правилами:

1) количество экстремумов функции (максимумов и минимумов) и количество нулей не должны отличаться более чем на единицу.

2) в любой точке среднее значение огибающей, построенной по минимумам, и огибающей, построенной по локальным максимумам, равно нулю.

Вся основная суть преобразования понятна из следующего примера (рисунок 3).

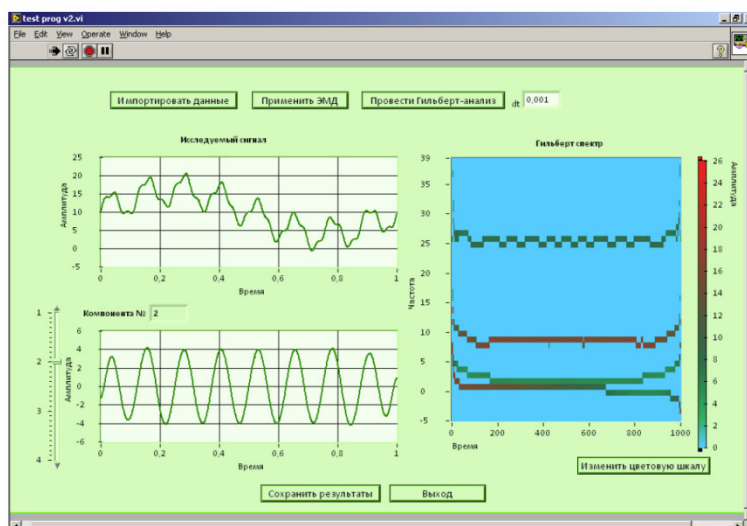


Рис. 3. – Преобразование Гильберта-Хуанга в LabVIEW

Проведем анализ простого полигармонического сигнала (3 гармоники + постоянная составляющая). Результатом декомпозиции (рисунок 4) будут 4 компоненты (просмотреть компонент в программе можно прокручивая ползунок сбоку от графика с компонентой):

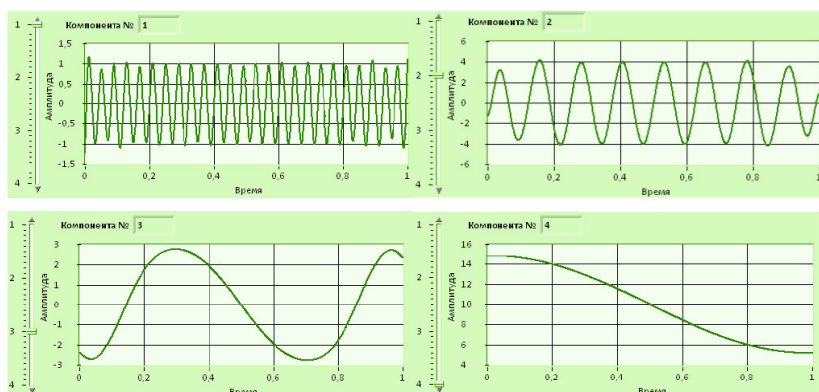


Рис. 4. – Результат декомпозиции

Как видим, с небольшой натяжкой можно признать, что полученные компоненты – собственные модовые функции – соответствуют изначально заданным гармоникам. Для того чтобы получить информацию о фазовой и амплитудной характеристиках каждой из компонент необходимо применить к полученным компонентам преобразование Гильберта. Затем полученные характеристики можно свести в один графический спектр, показанный на первом рисунке. При корректной реализации спектра мы увидим на заданной частоте (ось Y) прямые линии вдоль всей оси времени (X), а цвет будет отображать амплитуду данной частоты в данный момент времени.

Метод хорош тем, что нет привязки ни к каким априорно заданным базисам, подходит для нестационарных процессов и может обрабатывать нелинейные сигналы, не требует никаких априорных данных про сигнал (только частоту его дискретизации – для корректного определения частоты).

Проведем сопоставление рассмотренных преобразований, акцентируя внимание на нескольких особенностях.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ БАЗИС

Применительно к вейвлет-анализу проблема выбора базисной функции является одной из ключевых проблем – правильно подобранный «материнский» вейвлет позволит провести детальное исследование структуры сложного сигнала, выявив нужные детали. Очевидным преимуществом метода эмпирических мод является то обстоятельство, что он не требует настройки параметров и выбора базиса. Это позволяет, с одной стороны, в виде автоматически выполняемой процедуры проще реализовать пакет прикладных программ для проведения расчетов методом эмпирических мод. С другой стороны, применение преобразования Гильберта-Хуанга в меньшей степени зависит от таких субъективных факторов как опыт исследователя, который важен для подходящей настройки параметров вейвлетного преобразования. С точки зрения используемого базиса, метод эмпирических мод является более простым алгоритмом разложения сигнала на независимые ритмические компоненты. Однако одновременно теряется возможность улучшения характеристик метода специальным выбором и настройкой параметров метода, что можно рассматривать уже как недостаток метода.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

Еще одним недостатком, присущим как классическому спектральному анализу, основанному на финитном преобразовании Фурье, так и вейвлетному преобразованию, является проблема анализа нелинейных процессов, а именно оценка амплитуды колебаний, для которых характерен сложный спектральный состав. Фактически, преобразование Фурье позволяет вычислять только амплитуды отдельных составляющих (гармоник), тогда как метод аналитического сигнала и преобразование Гильберта-Хуанга (как его модернизированная версия) обеспечивают возможность введения в рассмотрение мгновенной амплитуды колебательного процесса, характеризующей процесс в целом, а не его отдельные составляющие. То есть можно утверждать, что метод эмпирических мод лучше приспособлен для выявления и описания нелинейных процессов. Аналогичные доводы можно привести, проводя сопоставление концепции эмпирических мод и вейвлет-преобразования. Вследствие того, что вейвлеты выступают в роли фильтров, они позволяют изучать временную эволюцию отдельных ритмических составляющих в структуре анализируемого сигнала, и при осуществлении вейвлетного преобразования анализируется узкая частотная область, ассоциирующаяся с размером подвижного частотно-временного окна. Для нелинейных процессов, включающих гармоники, каждая из этих гармоник

анализируется путем перемасштабирования материнского вейвлета. Двумерный частотно-временной спектр вейвлетного преобразования содержит информацию о мгновенных амплитудах и частотах отдельных гармоник. Если же необходимо ввести в рассмотрение мгновенную амплитуду исследуемого процесса в целом (по аналогии с методом аналитического сигнала), то вейвлет-анализ является менее пригодным для этой цели. С другой стороны, для широкополосного нестационарного сигнала неочевидна возможность введения единственных мгновенных амплитуд и фаз такого сигнала.

НАЛИЧИЕ ЗАВЕРШЕННОЙ ТЕОРИИ

По этому показателю метод эмпирических мод, безусловно, уступает как классическому спектральному анализу, так и вейвлет-анализу. Если для концепции вейвлетов детально проработанная теория существует на протяжении примерно двадцати лет (фактически, проработка основ концепции вейвлетов была завершена в конце 1980-х годов), то в случае метода эмпирических мод пока не приходится говорить о наличии аналогичной теории. Ключевые положения концепции вейвлетов сформулированы в виде многочисленных теорем, особенности и возможности вейвлетов при решении широкого круга задач неоднократно обсуждались в научной печати (можно, в частности, отметить, что количество ссылок на источники в сети Интернет, посвященных вейвлет-анализу, уже насчитывает несколько миллионов). Преобразование Гильберта-Хуанга, пока еще не приобрело такой популярности, и число его применений для решения практических задач уступает применениям вейвлетов. В значительной степени это связано с тем, что метод эмпирических мод не используется в технике, представляя наибольший интерес для научных исследований. Отметим, что незавершенность теории не свидетельствует о меньших потенциальных возможностях метода. Исторически, построение теории вейвлетов представляет собой весьма обширный интервал времени от выдвижения первых идей до их воплощения в виде проработанного математического инструмента исследований сложных сигналов и систем. Идеи, лежащие в основе метода эмпирических мод, появились значительно позже, и их обобщение в виде завершенной математической теории, вероятно, потребует более длительного времени. Важно отметить, что этот подход базируется на совершенно другой идеологии по сравнению с вейвлетами. Так, например, он использует адаптивные базисы; для него в меньшей степени сказываются проблемы, связанные с существованием принципа неопределенности и т.д. Фактически, метод эмпирических мод выступает в роли нового альтернативного (и также обладающего широкими возможностями) инструмента исследования структуры сложных сигналов. Наличие такого инструмента в дополнение к вейвлет-анализу расширяет возможности частотно-временного исследования нестационарных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьяконов, В. и др. MATLAB. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник [Текст] / В. Дьяконов, И. Абраменкова. – СПб.: Питер, 2002. – 608 с.
2. Миронов, Д.С. Экспериментальное исследование пульсаций давления, генерируемых мелкой открытой каверной, с применением частотно-временных методов обработки данных [Текст] / Д.С. Миронов // Теплофизика и аэромеханика. – 2011. – Т. 18. – №3. – С. 385–395.
3. The Hilbert-Huang Transform and Its Applications / Eds By Norden E. Huang, Samuel S. Shen. Pub. World Scientific Publishing Company, 2005, ISBN 981-256-376-8, 324 p.
4. Павлов, А.Н. и др. Частотно-временной анализ нестационарных процессов концепции вейвлетов и эмпирических мод [Текст] / А.Н. Павлов, А.Е. Филатова, А.Е. Храмов // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. – 2011. – Т. 19. – №2. – С. 141–157.

REFERENCES

- [1] D'jakonov V., Abramenkova I. MATLAB. Obrabotka signalov i izobrazhenijj. Special'nyjj spravocnik [MATLAB. Processing of signals and images. Special reference book]. Sankt-Peterburg. Pub. "Peter", 2002, ISBN 5-318-00667-1, 608 p. (in Russian)
- [2] Mironov D.S. Ehksperimentalnoe issledovanie pulsacij davlenija, generiruemykh melkojj otkrytojj kavernojj, s primeneniem chastotno-vremennykh metodov obrabotki dannykh [Pilot study of the pulsations of pressure generated by a small open cavity with application of time-and-frequency methods of data processing]. Teplofizika i aehromekhanika [Thermophysics and aeromechanics], 2011, Vol. 18, №3, ISSN 0869-8635, p. 385–395. (in Russian)
- [3] The Hilbert-Huang Transform and Its Applications / Eds By Norden E. Huang, Samuel S. Shen. Pub. World Scientific Publishing Company, 2005, ISBN 981-256-376-8, 324 p. (in English)
- [4] Pavlov A.N., Filatova A.E., Khramov A.E. Chastotno-vremennojj analiz nestacionarnykh processov koncepcii vejvletov i ehmpiricheskikh mod [Time-and-frequency analysis of non-stationary processes of the concept of wavelet and empirical models]. Izvestija vuzov. Prikladnaja nelinejjnaja dinamika [News of higher education institutions. Applied nonlinear dynamics], 2011, Vol. 19, №2, ISSN 0869-6632, p. 141–157. (in Russian)

The Time-And-Frequency Transformations Used in Digital Processing of Signals

Ju.E. Uljanova, R.G. Babenko, A.V. Chernov

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

Abstract – The comparative analysis of the time-and-frequency transformations used for digital processing of signals such as continuous Fourier transformation, Wavelet transformation and Gilbert - Huang transformation is presented in article.

Keywords: time-and-frequency transformations, Fourier transformation, Wavelet transformation and Gilbert-Huang transformation.

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

УДК 004.4

**ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО СИСТЕМАТИЗАЦИИ И УЧЁТА
ОПЕРАТИВНОГО РЕЗЕРВА «СКАЛА-МИКРО»**

© 2015 г. Н.М. Матросов

*Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Ленинградская атомная станция»,
г. Сосновый бор, Ленинградская обл.*

В работе рассмотрена структура базы данных, варианты размещения сервера СУБД в информационной сети и функционал клиентского приложения программного средства систематизации и учёта оперативного резерва.

Ключевые слова: программное средство, база данных, клиент-серверное приложение.

Поступила в редакцию 14.05.2015

ВВЕДЕНИЕ

Работа сложного технического оборудования, которым является система «Скала-микро», неизбежно требует наличия у обслуживающего персонала оперативного резерва. При модернизации, увеличения количества оборудования, растёт и оперативный резерв к нему, что усложняет его учёт, анализ потребностей и увеличивает время поиска конкретной детали.

Кроме используемых инструментов ПСР, специалисты группы Поддержки систем верхнего уровня службы АСУТП цеха ТАИ решили дополнительно систематизировать всё оборудование, находящееся в оперативном резерве, создав программное средство систематизации и учёта оперативного резерва системы «Скала-микро» (далее «СУОР»).

Состав «СУОР»:

- база данных (БД);
- система управления (СУБД);
- клиентское приложение.

СТРУКТУРА БАЗЫ ДАННЫХ

БД представляет собой таблицу, состоящую из следующих столбцов:

– "Внутренний номер" – ключевой столбец, то есть отражающий уникальное и однозначно определяющее свойство объекта, вносимого в БД. Бывают случаи, когда существуют несколько абсолютно одинаковых устройств. Для их однозначной идентификации ставятся бирки вида "СКАЛА_00000", где 00000 – порядковый номер. Предусмотрена возможность использования букв, как части номера. Обязательный к заполнению столбец.

– "Инвентарный" – номер в других системах учёта оборудования, используется для совместимости с этими системами. Этот столбец сделан необязательным к заполнению.

– "Серийный" – заводской номер. По нему удобно различать аппараты одного

типа и модели. Необязателен к заполнению, так как многие вещи его не имеют.

- "Наименование" – название объекта на русском языке. Атрибут присущ всем вносимым в БД предметам. Обязательный к заполнению столбец.

- "Производитель" – торговая марка. Столбец может не заполняться.

- "Модель" – заводское обозначение версии устройства. Необязательный к заполнению столбец.

- "Помещение" – номер или любое другое обозначение комнаты, в которой находится оборудование. Столбец сделан обязательным для заполнения.

- "Местоположение" – уточняющая информация для поиска, где указывается стойка, стеллаж или шкаф. Этот столбец можно не заполнять.

- "Б/У" – бинарный, то есть имеющий два состояния, да или нет, столбец. Если объект раньше уже использовался, то здесь проставляется галочка. Пустое значение столбца недопустимо.

- "Используется" – отметка о том, что оборудование находится в работе. Работает аналогично "Б/У".

- "Особенность" – любые отличия от заводского функционала и комплектности устройства. Сюда же записывают исправленные дефекты и другую полезную информацию. Может быть пустым.

- "Характеристики" – технические параметры, такие как размер, вид разъёмов, потребляемая мощность, напряжение или ток. Заполнение для каждого вида оборудования уникально. Допустимо не заполнять этот столбец.

СЕРВЕР СУБД

SQL, как реляционная СУБД основана на связях, отношениях между данными. Такой подход является традиционным и позволяет обеспечить минимальную логическую избыточность.

Сервер базы данных может размещаться в доменной сети предприятия. Защита данных реализуется настройкой системы управления БД на передачу данных конкретному списку пользователей домена. При этом используются уже готовые доменные настройки безопасности, а авторизованным и внесённым в список пользователей для работы клиентского приложения не требуется дополнительных паролей.

Для полноценной работы «СУОР» потребуется круглосуточно работающий компьютер, что несовместимо с требованиями по эксплуатации рабочих станций домена.

Другой вариант размещения сервера – в изолированной локальной сети. В этом случае, для обеспечения ограничения доступа и безопасности, все процессы СУБД пользуются правами специально выделенного на этом сервере пользователя, права которого строго ограничены. Учётные данные хранятся в теле программы клиентского приложения.

КЛИЕНТСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ

Функции клиентского приложения:

- редактирование данных;
- интерактивного поиска, с последующим редактированием результата;
- многопользовательского доступа к данным.

Приложение имеет две отдельных рабочих области – вкладка поиска (рис.1) и вкладка редактирования (рис. 2). Такое разделение служит защитой от случайного

ошибочного изменения данных.

Во вкладке, показанной на рисунке 1, реализован полнотекстовый поиск по всей таблице данных с возможностью редактирования результатов. Методика ввода исходного текста для поиска описана непосредственно в рабочей области вкладки.

Поисковый алгоритм реализован в виде хранимой процедуры. Для поиска необходимо передать по сети только исходный текст, а сервер пришлёт в ответ результат поиска. Таким образом, экономятся ресурсы рабочих станций и сети, даёт возможность обеспечивать разделение доступа к данным.

В разделе редактирования дана возможность вносить изменения в существующие и добавлять новые строки в БД. Эту вкладку следует использовать во избежание повреждения данных. Кроме того, нужно учитывать запрет на пустые ячейки, поскольку строку с ними невозможно сохранить.

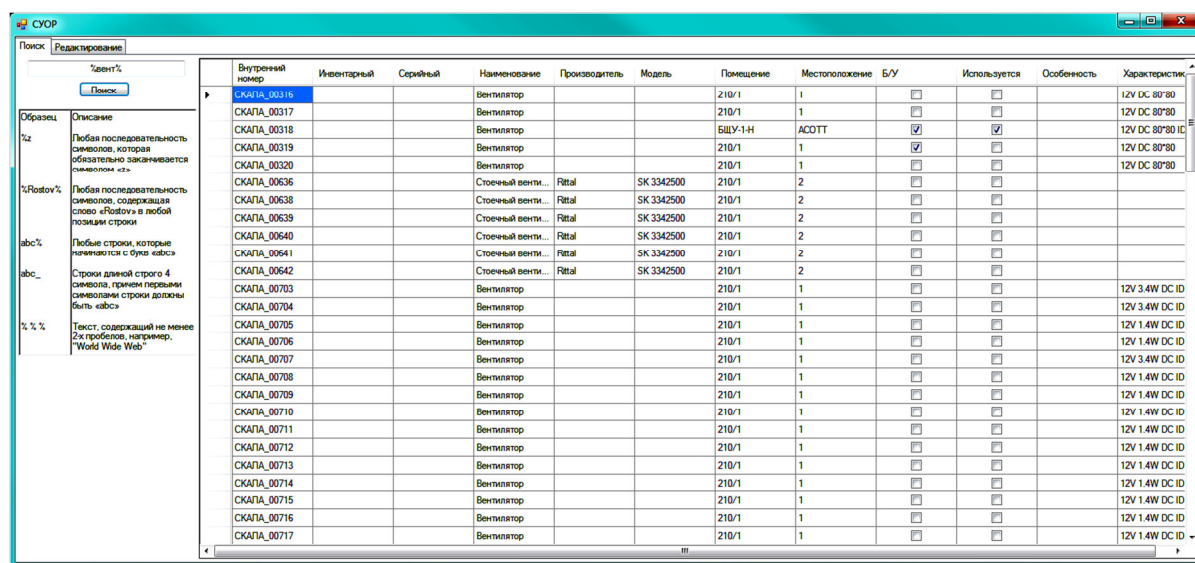


Рис. 1. – Клиентское приложение. Поиск

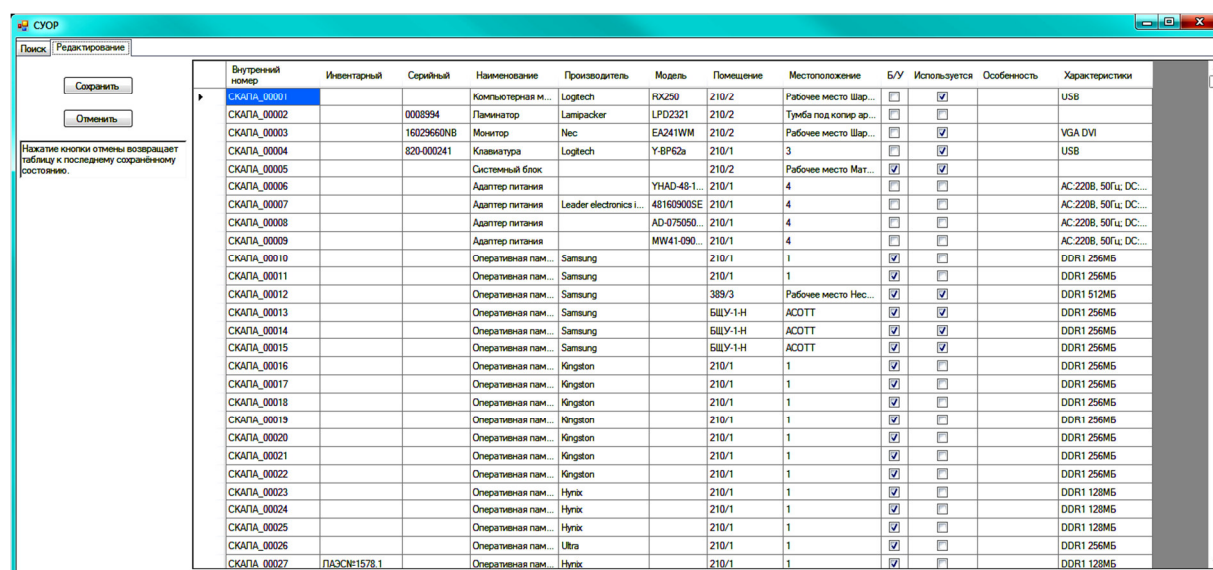


Рис. 2. – Клиентское приложение. Редактирование

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

«СУОР» позволяет упростить учёт, анализ и сократить время поиска необходимого оборудования за счёт формализации информации в БД и многопользовательского доступа к данным на сервере СУБД через клиентское приложение с функцией полнотекстового поиска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сидоренко, О.Ю. Программирование баз данных в Microsoft SQL server [Текст] / О.Ю. Сидоренко : учеб. пособие. – Обнинск: НОУ ЦИПК, 2009. – 49 с.
2. Моисеенко, С.И. Интерактивный учебник по SQL [Электронный ресурс] / С.И. Моисеенко. – Режим доступа: URL: <http://www.sql-tutorial.ru> – 10.05.2015.

REFERENCES

- [1] Sidorenko O.Ju. Programmirovaniye baz dannykh v Microsoft SQL server [Programming of databases in Microsoft SQL server] : ucheb. posobie [manual]. Obninsk, Pub. NOU CIPK [Non-state educational institution "Central institute of professional development"], 2009, 49 p. (in Russian)
- [2] Moiseenko S.I. Interaktivnyjj uchebnik po SQL [The interactive textbook on SQL] Available at: <http://www.sql-tutorial.ru> (in Russian)

**Software Tool of Systematization and Registration of "SCALA-MICRO"
Operational Reserve**

N.M. Matrosov

*"Leningrad nuclear power plant" the branch of JSC Rosenergoatom Concern,
Promzone, Sosnovy Bor, Leningrad Region, Russia 188540
e-mail: tai-mnm@laes.ru*

Abstract – The structure of the database, server hosting options DBMS in the information network and the functionality of the client application software of systematization and registration of the operational reserve is considered.

Keywords: software, database, client-server application.

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

УДК 621.791.73.07

**ТЕНДЕНЦИИ И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ
ОДНОСТОРОННЕЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ**

© 2015 г. Ю.В. Доронин

ООО «Аттестационный центр городского хозяйства» (АЦГХ), Москва

В статье рассмотрены современные аспекты односторонней электродуговой сварки с двухсторонним формированием шва. Сделан вывод о том, что разработанные в последнее время технологии гарантируют высокое качество корневого валика и успешно применяются в отечественном сварочном производстве.

Ключевые слова: односторонняя сварка, сварка на весу, обратный валик, технология, металлпорошковая проволока.

Поступила в редакцию 27.06.2015 г.

Высокоэффективные процессы односторонней дуговой сварки с применением формирующих устройств и на весу получили с начала 70-х годов XX века широкое распространение в Японии, США, Канаде, европейских странах. В промышленности этих стран, односторонняя дуговая сварка использовалась в судостроении, сооружении резервуаров, технологических и магистральных трубопроводов, газоходов, котельных конструкций, на строительно-монтажных площадках.

Односторонняя сварка с двухсторонним формированием шва является материало- и энергосберегающим процессом высокой эффективности и повышенной производительности. Так, по данным японских судостроителей, трудоемкость сварки судовых бортовых секций судна с использованием двухсторонней сварки примерно в два раза выше, чем трудоемкость сварки тех же конструкций с использованием односторонней сварки. Сокращение числа проходов при сварке, исключение подрубки корня шва, использование повышенных режимов, отказ от кантовки крупных конструкций, уменьшение габаритов сборочных цехов, все это является неоспоримым преимуществом односторонней дуговой сварки.

В передовых странах, активно использующих дуговые процессы сварки в целом, и одностороннюю сварку в частности, в судостроении, авиационной промышленности, в промышленном строительстве, монтаже технологических и магистральных трубопроводов, суть проблемы по-прежнему сводятся к возможности получения качественного корневого валика независимо от марки материала, толщины или пространственного положения.

К решению этой проблемы сводятся исследования и создание источников питания, оборудования, технологий сборки, поиск и разработка сварочных материалов.

В сущности, предлагаемая к рассмотрению проблема, решается двумя способами:

- сварка с принудительным формированием корневого валика;
- сварка на весу;

В первом случае, когда есть возможность установить формирующее устройство

на обратную сторону стыкового шва, то проблем практически не возникает. В современной технике и технологии односторонней сварки существует многочисленный параметрический ряд подкладок для всех разновидностей сталей, толщин и пространственных положений для формирования обратного валика высокого качества (рис. 1).

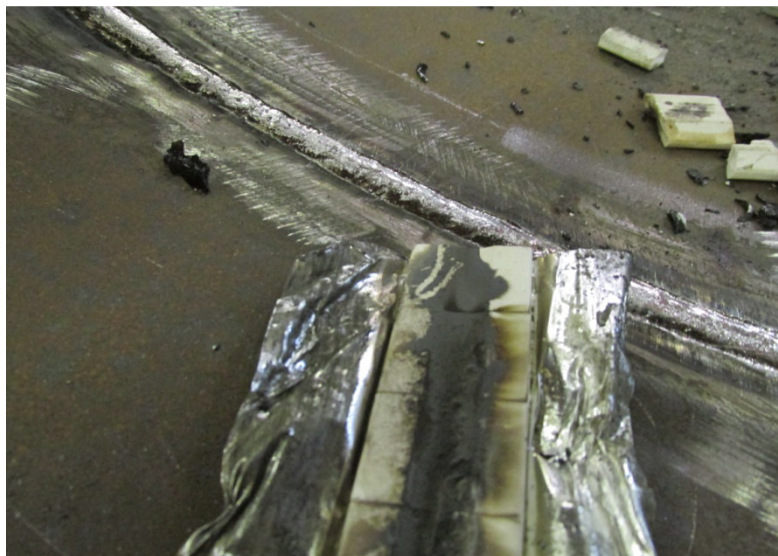


Рис. 1. – Обратный валик шва при односторонней сварке на керамической подкладке

Во втором случае, когда доступа к обратной стороне шва нет, или он затруднен, отечественные и зарубежные компании предлагают ряд технических решений, которые реализуются, прежде всего, при сварке трубопроводов.

От качества выполнения корневого прохода в значительной степени зависят все эксплуатационные характеристики будущего трубопровода. Требовалась высокопроизводительная технология сварки, обеспечивающая, во-первых, стабильный управляемый процесс переноса электродного металла с малым разбрызгиванием, и во-вторых, процесс бездефектного формирования шва в различных пространственных положениях при орбитальной обходе сварочной горелкой неповоротного стыка трубы.

Решение первой задачи обеспечено разработкой рядом отечественных и зарубежных фирм быстродействующих инверторных источников питания с цифровым управлением в цикле сварки формами кривых тока и напряжения дуги по адаптивным алгоритмам. Решение второй задачи – качественного формирования шва при корневом проходе связано с разработкой и внедрением новых адаптивных к изменению параметров режима и аномалиям в геометрии сборки стыка, изменениям его пространственного положения, импульсных технологий, обеспечивающих устойчивый стабильный процесс сварки короткой дугой с увеличенным вылетом на электроде в стандартную и узкую разделку кромок.

В последние годы при механизированной импульсной сварке трубопроводов с участием в процессе сварщика определенных успехов по производительности и качеству достигли ряд зарубежных и отечественных фирм, разработавшие новые импульсные технологии: УКП (Технотрон), ВКЗ (ИТС, Россия); STT (Lincoln Electric, США); SteelRoot(Fronius, Австрия); WiseRoot(Kemppi, Финляндия); SpeedRoot(Lorch, Германия); rootArc (EWM, Германия).

Фирма Lincoln Electric одна из первых разработала технологию сварки с так называемым эффектом передачи капли за счет сил поверхностного натяжения (STT), реализованной в источниках Invertec STT II и Power Wave с модулем STT.

Оборудование обеспечивает контроль процесса короткого замыкания, используя высокочастотные преобразователи. Разработчики утверждают, что STT исключает появление дефектов в виде искаженной формы шва (выпуклости и вогнутости шва, подрезов у кромки), непроваров, прожогов, несплавления с кромкой. При использовании процесса STT минимизируется тепловложение в шов, уменьшается количество брызг по сравнению с традиционными способами MIG/MAG-сварки с коротким замыканием. Например, в STT ток меняется от 50А (фаза перехода капли в сварочную ванну) до 370А (фаза формирования новой капли), среднее же интегральное значение тока составляет около 100А (рис. 2).

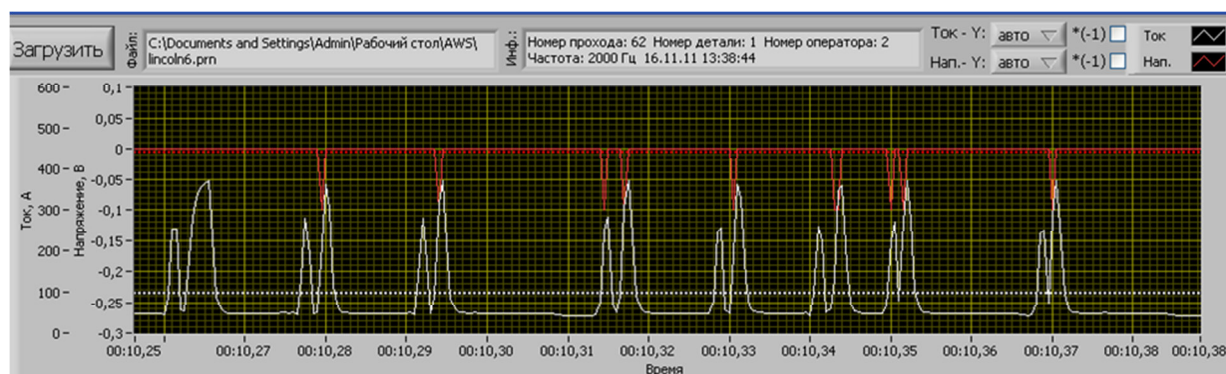


Рис. 2. – Осциллограмма тока (белая кривая) процесса STT

Австрийская фирма Fronius представила новую, на 10...15% более производительную, технологию импульсной сварки короткой дугой – процесс SteelRoot, реализованную в источниках серии Trans Steel, TPS 3000, TPS 5000. Технологию SteelRoot используют при сварке неповоротных стыков в смеси защитных газов ($Ar+CO_2$) с содержанием CO_2 менее 20%, способом «сверху-вниз». Быстродействующая система управления с хорошо отработанными алгоритмами обеспечивает высокую стабильность процесса сварки в различных пространственных положениях.

Фирма Kemppi реализовала на базе своего оборудования (FastMIG KMS, FastMIG Pulse, KempArc) технологию WiseRoot, которая также позволяет сваривать корневой проход модифицированной короткой дугой. Процесс сварки имеет два чередующихся периода — короткого замыкания и горения дуги. В период короткого замыкания поступающая проволока замыкается накоротко на сварочную ванну, ток резко увеличивается и остается на заданном уровне. В начале периода короткого замыкания происходит короткий резкий скачок сварочного тока в момент контакта кончика проволоки со сварочной ванной. Он проявляется в появлении так называемой отщепляющей силы, отделяющей каплю металла от кончика электрода. Плавное отделение капли обеспечивается медленным снижением сварочного тока. В момент переноса капли в сварочную ванну начинается второй период роста тока и происходит зажигание дуги. Момент отделения капли и зажигание дуги точно фиксируется схемой управления в источнике питания. Контроль времени увеличения и снижения тока гарантирует отсутствие брызг при переходе от короткого замыкания к горению дуги. В период горения дуги формируется сварочная ванна и обеспечивается необходимое проплавление корня шва.

Техническая реализация технологии WiseRoot аналогична рассмотренным выше (рис. 3), но импульс перехода превосходит по значению импульс формирования новой капли. Технология используется при сварке в смесях защитных газов ($Ar+CO_2$) с содержанием CO_2 менее 20% и в чистом CO_2 .

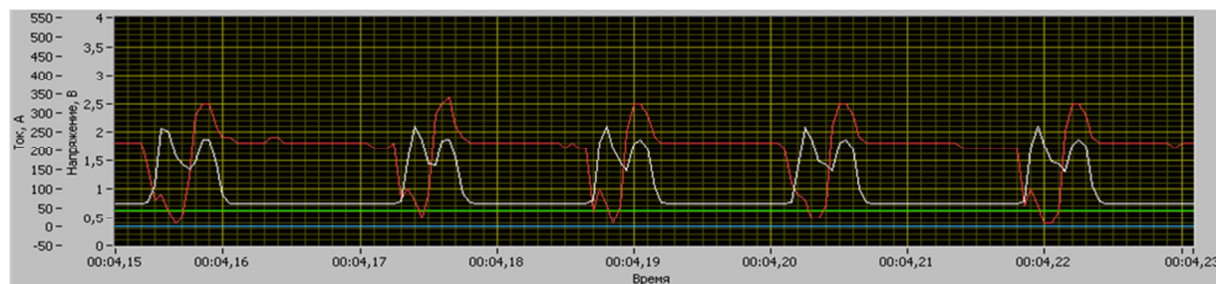


Рис. 3. – Осциллограмма процесса WiseRoot

Несмотря на отличия в реализации вышеуказанных процессов, можно выделить некоторые особенности сварки, единые для всех способов с применением управляемых импульсов:

- при соединении вертикальных листов и труб (положение сварки В2) сварку необходимо вести на спуск;
- возбуждение необходимо производить на кромке, переходом на противоположную кромку, где формируется сварочная ванна. Дальнейшее ведение дуги осуществлять без колебаний (по возможности с минимальными колебаниями в зависимости от величины зазора, без задержки электрода на кромках) вдоль зазора;
- необходимо сварку выполнять углом назад («тянущим углом») по переднему фронту сварочной ванны. Угол наклона горелки 45-80° к касательной данного участка траектории;
- сварку по возможности выполнять на центраторах, при сборке на прихватках необходимо обеспечить проплавление основного материала и качественное формирование обратного валика. Так как рассмотренные процессы не позволяют полностью проплавить прихватку, на этих участках допустимо на том же оборудовании переходить на другие способы сварки, например, применить стандартную MIG/MAG-сварку в импульсном режиме. При этом сварку необходимо вести на максимально допустимой скорости, обеспечивающей стабильность процесса и полное проплавление стыка на прихватке;
- перед сваркой необходимо подобрать значение индуктивности сварочного контура (электронного дросселя), обеспечивающего наилучшее формирование шва (минимальную чешуйчатость, плавное сопряжение валика с кромкой без подрезов, требуемую толщину валика и качественное формирование обратного валика требуемой ширины и высоты).

Несоблюдение перечисленных требований при сварке приводит к возникновению дефектов в виде непроваров, наплывов в корне шва, а также возникновению пор и несплавлений с последующими валиками.

Необходимо также уделять внимание подготовке кромок: обеспечивать постоянство зазора согласно рекомендациям к применению данных процессов (около 2,0..2,5 мм при сварке проволокой диаметром 1,2 мм); выполнять тщательную зачистку стыка с удалением цементированного слоя после газовой и плазменной резки; притупление кромок не должно превышать значений, указанных в рекомендациях к применению (менее 1,5 мм); перекус кромок не должен превышать значение, равное половине зазора в стыке; производить зачистку внутренних сторон деталей на расстояние не менее 10 мм.

Приведенные в работе материалы и проведенные исследования технологических возможностей импульсного процесса SteelRoot на источнике питания TransSteel фирмы Fronius при сварке корневого шва позволяют сделать вывод о перспективности использования импульсных технологий при автоматических способах сварки кольцевых

стыков труб с применением автоматических сварочных головок со средствами адаптации к аномалиям в сборке стыка и изменению параметров режима (рис. 4).

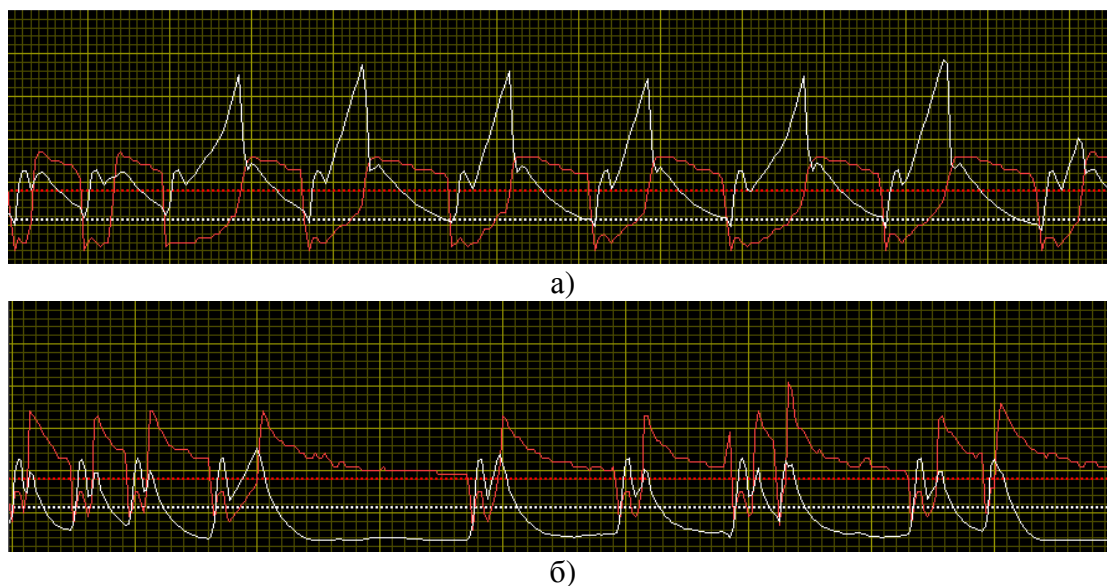


Рис. 4. – Фрагмент осциллограммы адаптации процесса SteelRoot (Fronius) при сокращении (а) вылета электрода от 10 до 1 см за 2 с (амплитудное регулирование) и его увеличении от 1 до 10 см за 2 с (частотное регулирование) (б)

Реальной альтернативой сварке неповоротных стыков трубопроводов пульсирующей дугой монолитной проволокой является технология автоматической сварки с использованием металлопорошковой проволоки POWER BRIDGE 60 М, разработанной ООО «АЦГХ» совместно с ЗАО НПФ «ИТС». Проволока обеспечивает высокую стабильность горения дуги, повышенную вязкость сварочной ванны и стабильное формирование шва во всех пространственных положениях с образованием обратного валика. Механические свойства и прежде всего ударная вязкость при температуре -40° находится в пределах 60 Дж/см², в то время при сварке проволокой сплошного сечения показатели ударной вязкости находятся в пределах 35 Дж/см². Данная технология также позволяет осуществлять выполнение последующих проходов рутиловую порошковую проволоку. В качестве защитного газа использовался углекислый газ. При использовании рутиловой проволоки использовалась смесь аргона и углекислого газа в соотношении 80/20.

ЗАО НПФ «ИТС» и ООО «АЦГХ» в работе [2] рассмотрели технологические особенности выполнения корневого прохода трубопровода по принципиально новой технологии с использованием металлопорошковой проволокой POWER BRIDGE 60 М диаметром 1,2 мм. Авторы пришли к мнению, что эта бесшовная, омедненная, металлопорошковая проволока обеспечивает высокую стабильность горения дуги, повышенную вязкость сварочной ванны, благоприятную форму обратного валика, как с лицевой, так и с обратной стороны и, самое главное, гарантирует высокие механические свойства (ударную вязкость) при низких температурах.

В целом, для потребителей данной технологии не так уж и важно, какой из факторов обеспечивает, безусловно, удовлетворительный результат. Состав ли и конструкция проволоки, условия сборки, параметры режима сварки, пространственные положения при сварке, используемое оборудование (в том числе и источник питания). Хотя внешний вид обратного валика, его геометрические размеры несколько не отличаются от аналогов, полученных, например, при использовании Steel Root (Fronius) (рис. 5).

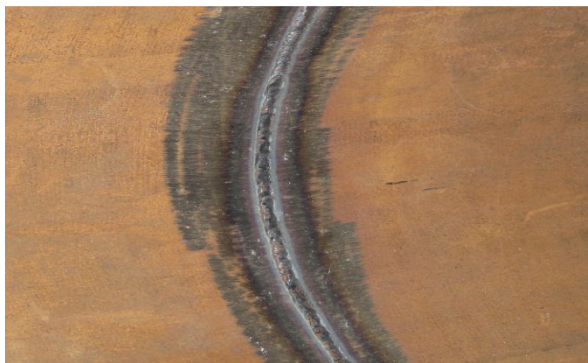


Рис. 5. – Обратный валик шва при сварке металлопорошковой проволокой

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

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

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

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

Наиболее полно влияние поверхностных характеристик в сварочных процессах применительно к формированию корня шва освещено в работе [1].

Однако при сварке плавящимся электродом на весу основным фактором, влияющим на форму корневого валика, как с обратной стороны, так и с лицевой, является характер силового давления со стороны дуги и вектор ее направления на сварочную ванну. При сварке монолитной проволокой давление дуги и капельная или струйная транспортировка электродного металла осуществляется по продольной оси ванны, в наиболее перегретую ее часть. В этом случае для предотвращения прожогов и применяются импульсы и поперечные колебания.

При сварке металлопорошковой проволокой в этом нет необходимости. Электродный металл в сварочную ванну транспортируется по периферии на боковые стенки сварочной ванны.

При сварке порошковой проволокой металлическая оболочка проволоки обладает намного большей электропроводностью по сравнению с сердечником. Поэтому активное пятно дуги занимает не всё сечение проволоки, а находится преимущественно на металлической оболочке. Столб дуги с большой скоростью перемещается вокруг сердечника, расплавляя его (рис. 6). При сварке на различных режимах характер горения дуги может быть различным. При сварке на оптимальных режимах дуга, горящая по кольцевой оболочке, обеспечивает мелкокапельный туманообразный перенос электродного металла.

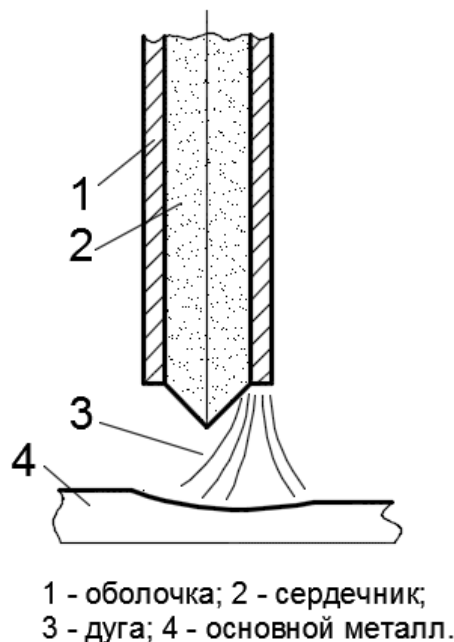


Рис. 6. – Схема горения дуги при сварке порошковой проволокой

Для описания давления такой дуги предложена следующая расчётная схема конусообразной дуги, горящей с кольцевого электрода (рис. 7). Процессы, протекающие внутри кольцеобразно расширяющейся дуги в данной схеме, не учитываются. Полное давление дуги определяется несколькими составляющими. Составляющую давления дуги, связанную с расширением столба, можно определить следующим образом.

Рассмотрим элементарный кольцевой слой на произвольном расстоянии по высоте. Величина элементарного объёма в этом слое на произвольном расстоянии от оси дуги равна:

$$dv = r d\varphi dz dr \quad (1.1)$$

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

$$df_z = (\bar{j}_r \times \bar{B}) dv = \mu j_r H dv \quad (1.2)$$

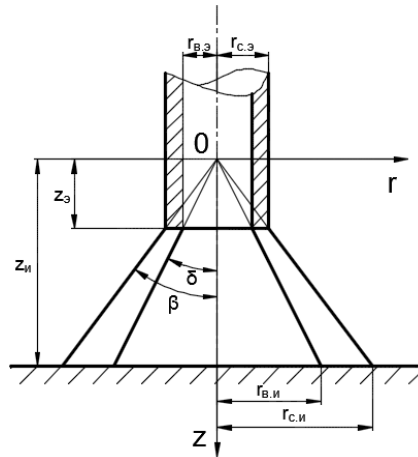


Рис. 7. – Схема дуги при сварке порошковой проволокой

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

$$df_z = \mu j_r H dv = \mu j_z H \frac{r}{z} dv = \mu j_z H \frac{r^2}{z} d\varphi dz dr \quad (1.3)$$

Сила, действующая на элементарное кольцо, равна:

$$dF_k = \int_0^\varphi df_z = \int_0^{2\pi} \mu j_z H \frac{r^2}{z} dz dr d\varphi = 2\pi \mu j_z H \frac{r^2}{z} dz dr \quad (1.4)$$

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

$$j_z = \frac{I_d}{F_{\text{слож}}(z)} \quad (1.5)$$

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

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

На наружной поверхности столба дуги напряжённость магнитного поля равна [3]:

$$H_c = \frac{I_d}{2\pi r_c} \quad (1.6)$$

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

$$H = \frac{H_c}{2} = \frac{I_d}{4\pi r_c} \quad (1.7)$$

Определим силу, действующую на элементарное кольцо:

$$dF_k = 2\pi \mu j_z H \frac{r^2}{z} dz dr = 2\pi \mu \frac{I_d}{\pi r_c^2 - \pi r_b^2} \frac{I_d}{4\pi r_c} \frac{r^2}{z} dz dr = \frac{\mu I_d^2 r^2}{2\pi r_c (r_c^2 - r_b^2) z} dz dr \quad (1.8)$$

Сила, действующая на элементарный слой:

$$dF_c = \int_{r_b}^{r_c} dF_k = \int_{r_b}^{r_c} \frac{\mu I_d^2 r^2}{2\pi r_c (r_c^2 - r_b^2) z} dz dr = \frac{\mu I_d^2 (r_c^3 - r_b^3)}{6\pi r_c (r_c^2 - r_b^2)} \frac{dz}{z} \quad (1.9)$$

Электromагнитная сила, вызванная расширением столба дуги:

$$F_z = \int_{z_3}^{z_n} dF_c = \int_{z_3}^{z_n} \frac{\mu I_d^2 (r_c^3 - r_b^3)}{6\pi r_c (r_c^2 - r_b^2)} \frac{dz}{z} = \frac{\mu I_d^2 (r_c^3 - r_b^3)}{6\pi r_c (r_c^2 - r_b^2)} \ln \frac{z_n}{z_3} \quad (1.10)$$

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

$$P_d = \frac{F_z}{S_d} = \frac{\mu I_d^2 (r_c^3 - r_b^3)}{6\pi S_d r_c (r_c^2 - r_b^2)} \ln \frac{z_n}{z_3} \quad (1.11)$$

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

Третья тенденция с перспективой специального назначения просматривается в использовании магнитных полей. Данные технологии в настоящее время прорабатываются в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Исследования касаются не только сварки неплавящимся электродом, где формирование корня шва можно считать идеальным (рис. 8), но и управляемым по размерам усиления обратного валика, но и сварки плавящимся электродом в среде защитных газов, при котором помимо главной цели – плоского обратного валика, решается задача стабилизации переноса капель. Данная технология также характерна значительным измельчением зерна в корневом валике.



Рис. 8. – Корневой валик при сварке неплавящимся электродом

В основе технологии лежит комбинированная магнитная система (КМС), состоящая из формирующей магнитной системы (ФМС) и регулирующей магнитной системы (РМС). Исследованиями А.М. Рыбачука и Н.В. Крысько установлено, что регулировка конфигурации КМС позволяет получить нулевую выпуклость валика с обратной стороны при сварке плавящимся электродом с сохранением стабильности переноса электродного металла [4].

ВЫВОДЫ

– Современные технологии односторонней дуговой сварки гарантируют высокое качество корневого валика при сборке плоскостных конструкций и строительстве трубопроводов.

– Отечественное сварочное производство располагает передовыми технологиями, оборудованием и материалами для односторонней дуговой сварки сталей различного назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доронин, Ю.В. Разработка теоретических основ формирования обратной стороны шва с учетом физико-химических процессов в сварочной ванне и создание новых сварочных материалов для односторонней дуговой сварки сталей плавящимся электродом [Текст] / Ю.В. Доронин : дис. докт. техн. наук. – М., 2010. – 352 с.
2. Карасев М.В. и др. Технологические особенности выполнения различных слоев шва при автоматической сварке трубопроводов [Текст] / М.В. Карасев, Ф.Е. Дорошенко, А.А. Казаков, Д.А. Любочко // Сварка и диагностика – 2014. – №6 – С. 45–49.
3. Рыбачук, А.М. и др. Математическое моделирование физических процессов в дуге и сварочной ванне [Текст] / А.М. Рыбачук, Г.Г. Чернышов : учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 74 с.: ил.
4. Крысько, Н.В. Разработка способа формирования шва поперечным магнитным полем при дуговой сварке плавящимся электродом [Текст] / Н.В. Крысько : дис. канд. техн. наук. – М., 2015. – 118 с.

REFERENCES

- [1] Doronin Yu.V. Razrabotka teoreticheskikh osnov formirovaniya obratnoj storony shva s uchetom fiziko-himicheskikh processov v svarochnoj vanne i sozdanie novyh svarochnykh materialov dlya odnostoronnej dugovoj svarki stalej plavyashhimsya elektrodom [Development of theoretical bases of formation of a reverse side of a seam taking into account physical and chemical processes in a welding bathtub and creation of new welding materials for unilateral arc welding staly the melting electrode]. Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora texnicheskikh nauk [the thesis of academic degree of the Doctor of Engineering]. M. 2010, 352 p. (in Russian)
- [2] Karasev M.V., Doroshenko F.E., Kazakov A.A., Lyubochko D.A. Teknologicheskie osobennosti vypolneniya razlichnykh sloev shva pri avtomaticheskoy svarke truboprovodov [Technological features of performance of various layers of a seam at automatic welding of pipelines]. Svarka i diagnostika [Welding and diagnostics]. 2014, №6, ISSN 2071-5234, p. 45–49. (in Russian)
- [3] Rybachuk A.M., Chernyshov G.G. Matematicheskoe modelirovanie fizicheskikh processov v duge i svarochnoj vanne [Mathematical modeling of physical processes in an arch and a welding bathtub]. Uchebnoe posobie [Course book]. M. Pub. MGTU im. N.E. Bauman [Bauman Moscow State Technical University], 2007, ISBN 978-5-7038-2941-7, 74 p. (in Russian)
- [4] Krysko N.V. Razrabotka sposoba formirovaniya shva poperechnym magnitnym polem pri dugovoj svarke plavyashhimsya elektrodom [Development of a way of formation of a seam a cross magnetic field at arc welding by the melting electrode]. Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata texnicheskikh nauk [thesis of Candidate of Technical Sciences]. M. 2015, 118 p. (in Russian)

Tendencies and Problems of a One-sided ARC Welding

Y.V. Doronin

*LTD «Certification Center of municipal services», 47A Izmajlovskoe St.(schosse),
Moscow, Russia 105187
e-mail: bekkenbauer@yandex.ru*

Abstract – The article deals with modern aspects sided arc welding with double seam formation. It is concluded that the recently developed technology ensures the high quality of the root bead and successfully applied in domestic welding industry.

Keywords: sided welding, suspended, reverse roller technology, metal-cored wire.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

УДК 624.04.45.001.3

**НАТУРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ
ЭНЕРГБЛОКА № 3 РОСТОВСКОЙ АЭС
ПОСЛЕ ПРЕДНАПРЯЖЕНИЯ**

© 2015 г. В.Н. Медведев*, И.А. Киселев*, Е.С. Крутько*,
А.Н. Ульянов*, В.Ф. Стрижов*, Е.А. Потапов**

* Институт проблем безопасного развития атомной энергетики, Москва

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

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

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

Поступила в редакцию 26.06.2015 г.

ВВЕДЕНИЕ

Преднапряжение защитной оболочки энергоблока №3 Ростовской АЭС осуществлялось с 10.09.2013 по 19.12.2013. Особенности напряженно-деформированного состояния (НДС) защитной оболочки энергоблока №3 Ростовской АЭС на стадии возведения и преднапряжения рассмотрены в [Л. 1-3].

В статье приводится оценка напряженно-деформированного состояния защитной оболочки энергоблока №3 Ростовской АЭС с момента окончания преднапряжения до начала приемо-сдаточных испытаний. В этот период времени на изменение НДС защитной оболочки оказывают влияние следующие три фактора:

- 1 – деформации ползучести и усадки бетона;
- 2 – релаксация напряжений в проволоках армоканатов системы преднапряжения;
- 3 – колебания температуры окружающей среды.

Оценка НДС производилась по следующим данным:

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

**1. ИЗМЕНЕНИЯ НДС ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ПО ПОКАЗАНИЯМ
ДАТЧИКОВ КИА**

Рассматривалась работа приборов с момента окончания преднапряжения (19.12.2014) до начала приемо-сдаточных испытаний (06.08.2014).

Результаты измерений показали, что вследствие проявления деформаций

ползучести и усадки бетона за текущий период произошло увеличение сжимающих напряжений в стержневой арматуре (см. рисунок 1, 2). При этом в средней части цилиндра приращение напряжений в меридиональной стержневой арматуре составляет порядка 15-20 МПа, а в кольцевой – порядка 25-30 МПа.

В средней части купола приращение напряжений в меридиональной и кольцевой стержневой арматуре составляет порядка 30-40 МПа (см. рисунок 3).

Таким образом, результаты измерений с момента окончания преднапряжения защитной оболочки по 06.08.2014 года показали, что из-за проявления деформаций ползучести и усадки бетона происходит увеличение сжимающих напряжений в стержневой арматуре и сжимающих деформаций в бетоне.

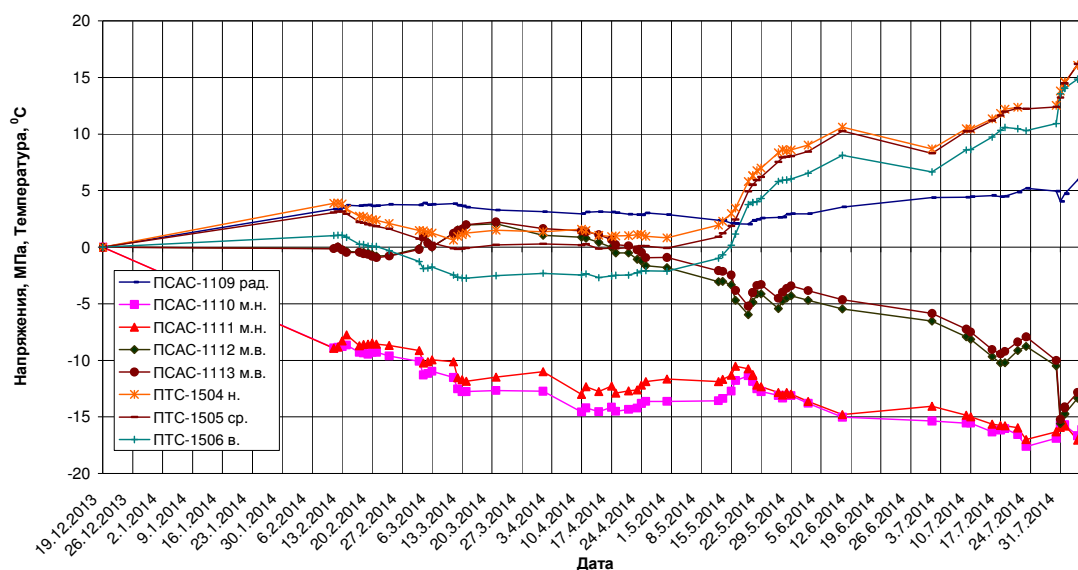


Рис. 1. – Приращение напряжений в меридиональной стержневой арматуре и измерения температуры в бетоне с момента окончания преднапряжения защитной оболочки (19.12.2013) по 06.08.2014, створ №1, отметка 32,6 м

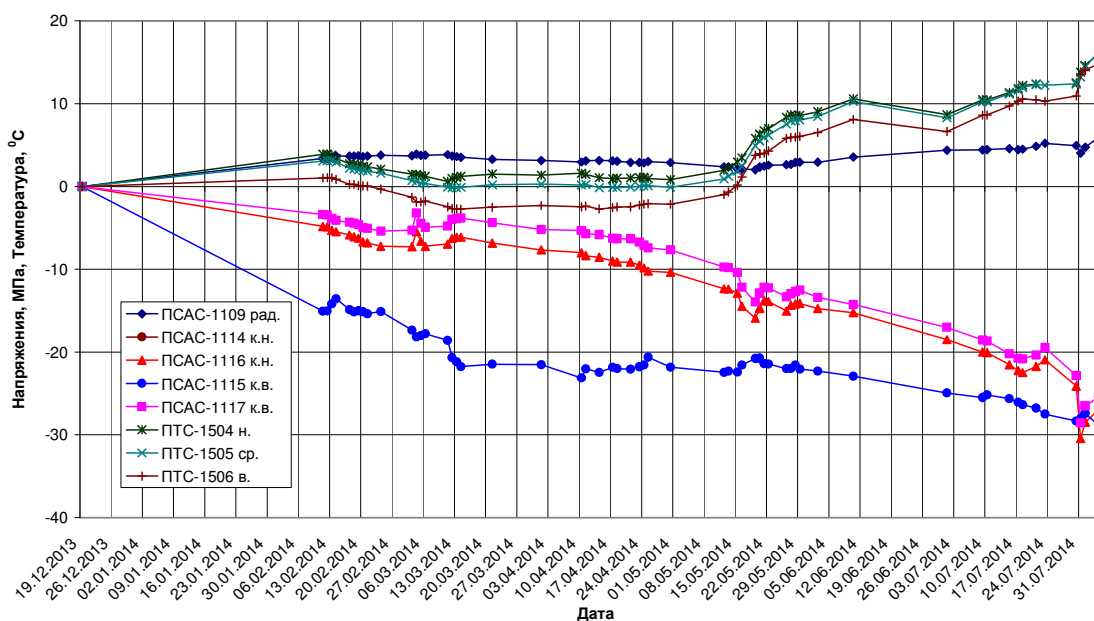


Рис. 2. – Приращение напряжений в кольцевой стержневой арматуре и измерения температуры в бетоне с момента окончания преднапряжения защитной оболочки (19.12.2013) по 06.08.2014, створ №1, отметка 32,6 м

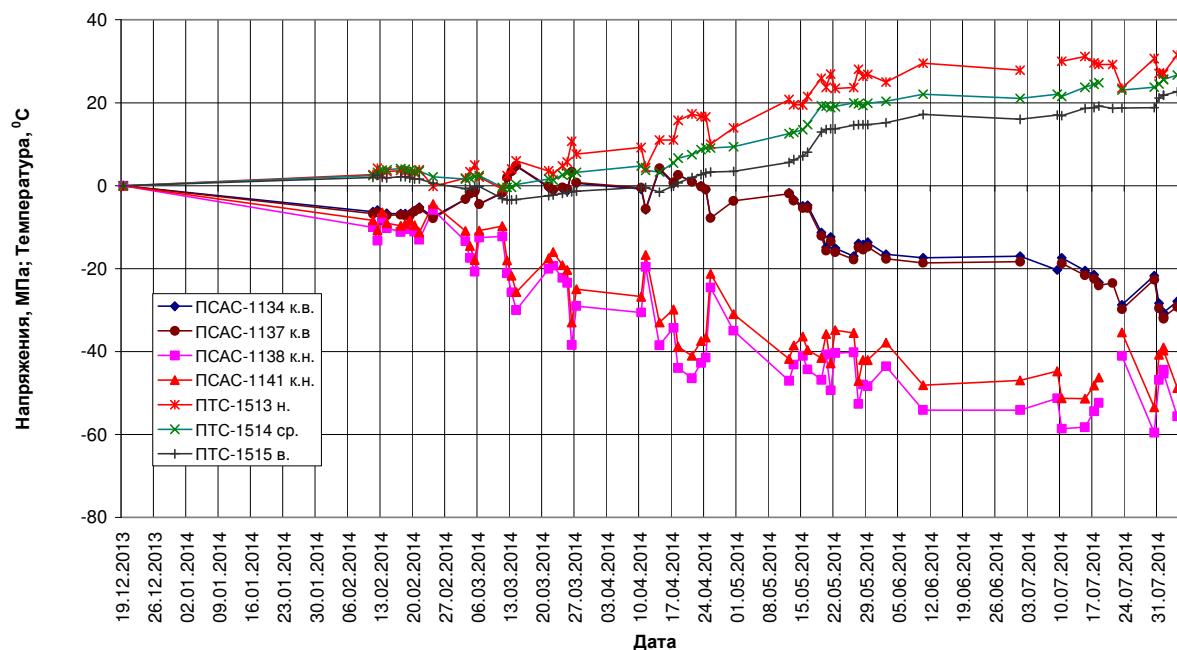


Рис. 3. – Приращение напряжений в кольцевой стержневой арматуре и температуры в бетоне с момента окончания преднапряжения защитной оболочки (19.12.2013) по 06.08.2014, створ №1, купол, R=12 м

2. ИЗМЕНЕНИЕ УСИЛИЙ В АРМОКАНАТАХ СПЗО ПО ПОКАЗАНИЯМ ДАТЧИКОВ СИЛЫ ПСИ-01 С МОМЕНТА ОКОНЧАНИЯ ПРЕДНАПРЯЖЕНИЯ ДО НАЧАЛА ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Оценка изменения усилий на тяжных анкерах арматурных канатов цилиндра и купола защитной оболочки 3-го энергоблока Ростовской АЭС за период с момента окончания преднапряжения (19.12.2013) до начала приемосдаточных испытаний (до 08.08.2014 года), полученные с помощью датчиков силы ПСИ-01, позволила объяснить некоторые особенности изменения НДС защитной оболочки.

На рисунке 4 представлены графики изменения усилий на тяжных анкерах арматурных канатов цилиндра защитной оболочки 3-го энергоблока Ростовской АЭС за период с момента окончания преднапряжения до начала приемосдаточных испытаний.

На этом рисунке можно видеть, что показания датчиков на тяжных анкерах за рассматриваемый период снизились. При этом снижение усилий обусловлено, главным образом, двумя факторами: во-первых, потерями усилий в первые несколько дней после преднапряжения, во-вторых, сезонными колебаниями температур.

О том, что в первые 5 дней после преднапряжения арматурных канатов происходит снижение усилий на величину порядка 15-20 тс, можно судить по данным, приведенным на рисунках 5 и 6. На рисунке 5 видно, что после преднапряжения усилие на анкере армоканата № 88Б составляет порядка 883 тс, однако уже через 14 часов усилие снизилось на 15 тс, через 5 суток снижение составило 18 тс (см. рисунок 6). Затем, до апреля 2014 г., когда температура в оболочке не имела существенных изменений по сравнению с периодом обжарки оболочки, усилия на анкере практически не изменились, однако с повышением температуры в оболочке с 13 °C до 38 °C произошло снижение усилий на анкере армоканата Ц 88Б с 862 тс до 837 тс (см. рисунок 7).

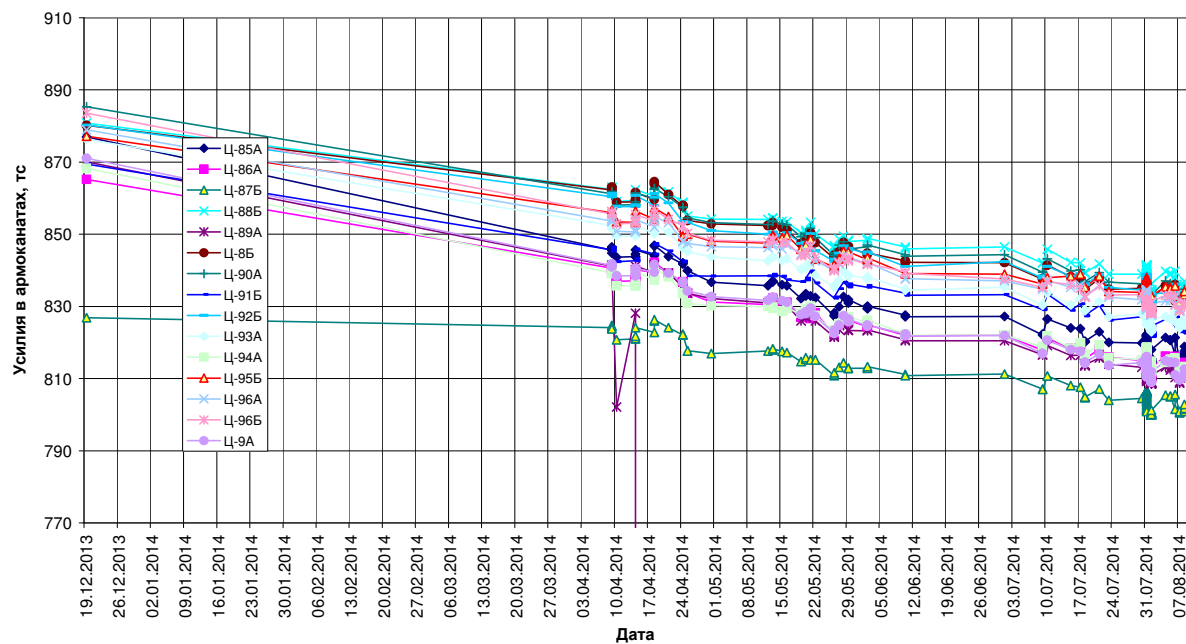


Рис. 4. – Изменения усилий на тяжных анкерах арматурных канатов цилиндра защитной оболочки 3-го энергоблока Ростовской АЭС за период с 19.12.2013 по 08.08.2014 года, полученные с помощью датчиков силы ПСИ-01

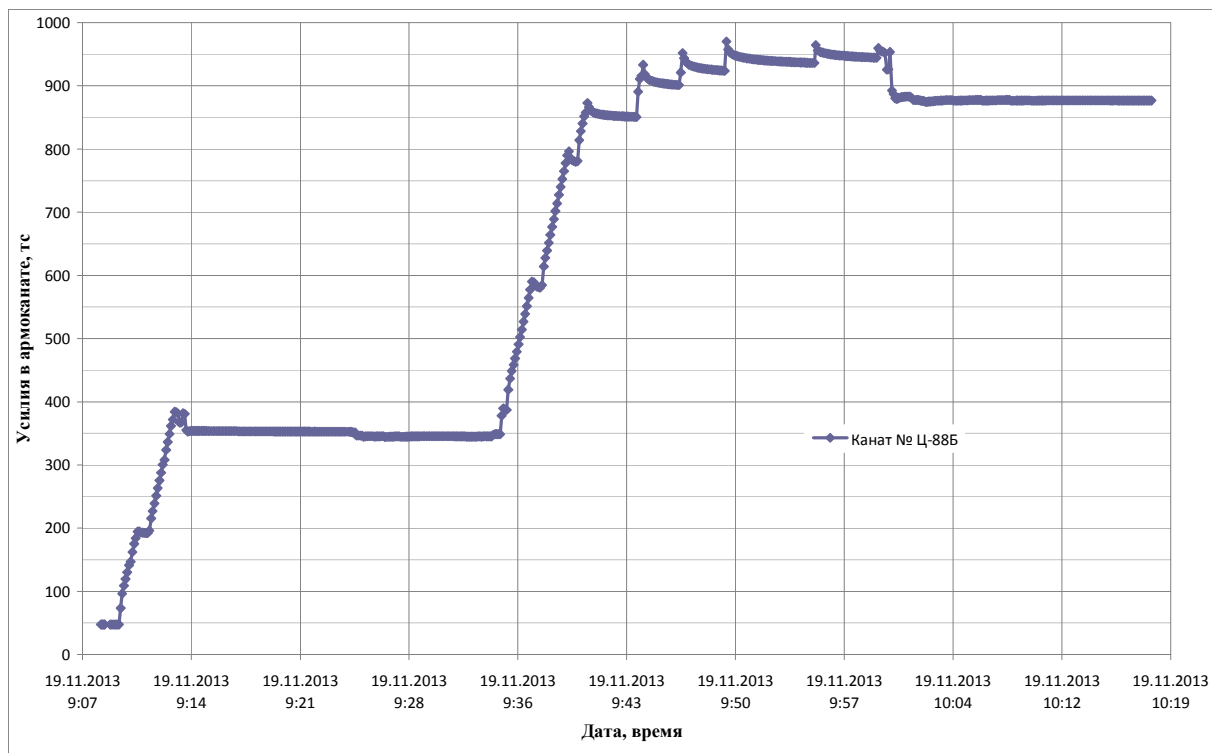


Рис. 5. – График натяжения армоканата № Ц-88Б, расположенного в цилиндре защитной оболочки энергоблока № 3 Ростовской АЭС. Выдержка 3 этапа по 5 минут

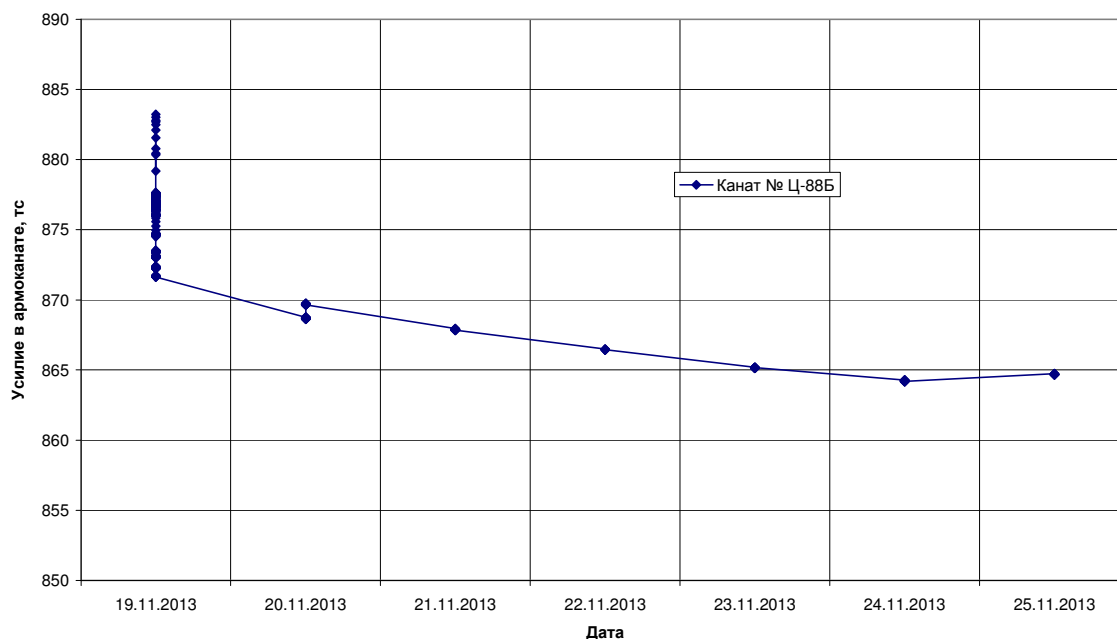


Рис. 6. – Изменения усилий на тяжном анкере арматурного каната № Ц-88Б цилиндра защитной оболочки 3-го энергоблока Ростовской АЭС за период с 19.11.2013 по 25.11.2013 года

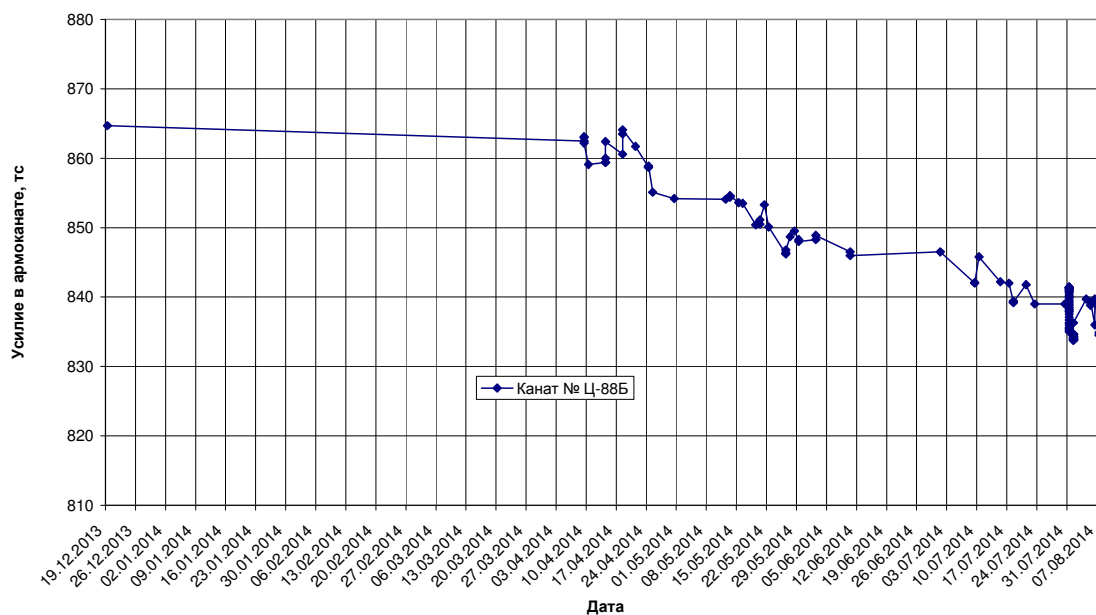


Рис. 7. – Изменения усилий на тяжном анкере арматурного каната № Ц-88Б цилиндра защитной оболочки 3-го энергоблока Ростовской АЭС за период с 25.11.2013 по 08.08.2014 года

Следует отметить, что на показания датчиков оказывают влияние суточные колебания температур окружающей среды, включая солнечное излучение. Результаты измерений, полученные в различные моменты времени 31.07.2014 г., показывают, что колебания усилий в течение суток могут составлять 7 тс и более.

Максимальные колебания усилий наблюдаются в армоканатах купола защитной оболочки между осями I и II. Например, усилия в армоканате купола К13А в 15 часов 55 минут составляли 837,4 тс, а в 23 часа 52 минуты – 830,1 тс, т.е. усилия изменились на 7,3 тс (см. таблицу 1).

Таблица 1. – Результаты измерений усилий в армоканатах, полученные с помощью датчиков силы ПСИ-01 в различное время суток 31.07.2014 г.

№ Армока- ната	31.07.14 10:49	31.07.14 14:52	31.07.14 15:55	31.07.14 16:57	31.07.14 17:59	31.07.14 19:01	31.07.14 21:06	31.07.14 23:52
К-5А	866	867,6	868,5	869,2	869,4	869,8	866,8	864,6
К-10Б	820	823	823,3	823,1	822,5	821,1	818,6	817,4
К-11А	831	834,7	835,1	834,8	834,3	833,2	830,1	828,5
К-12Б	804,9	809,2	809,5	809,3	808,9	807,6	804,2	802,3
К-13А	833,1	837,2	837,4	837,2	836,8	835,7	832	830,1
К-14А	852	856,3	856,6	856,5	856	855	851,1	849,3
К-15А	845,8	849,4	849,6	849,3	848,6	847,2	843,6	842,4
К-16Б	814,1	817,7	817,7	817,5	816,8	815	812	810,4
К-18Б	820,7	824,5	824,5	824,4	822,8	820,9	818,9	817,9
К-19А	830,3	827,8	827,5	827,2	826,9	826,8	825,8	825
К-1А	799,3	800,1	801,6	802,1	802,1	802,1	799	797,2
К-20Б	809,8	807,5	807,1	806,9	806,6	806,5	805,8	805,1
К-21А	864,9	862,6	862,4	862	861,7	861,7	860,6	859,8
К-22Б	841,4	838,4	838,1	837,9	837,6	837,7	836,6	835,7
К-24Б	877	874,5	874,2	874,1	873,9	873,9	873,1	872,4
К-26Б	847,8	844,5	844,3	844,1	844	844,1	843,2	842,4
К-28А	837,2	837	837,1	837,2	837,2	837,3	836,3	835,3
К-29А	795,3	795,2	795,2	795,4	795,2	795,3	794,3	793,3
К-2Б	846	847,2	847,6	847,8	848,6	849,2	846,4	844,7
К-30А	856,8	856	856	856,1	856	856	855,1	854,1
К-32А	834,1	833,6	833,7	833,7	833,7	833,7	832,7	831,9
К-34А	824,2	824,5	824,6	824,8	824,6	824,7	823,7	822,8
К-3А	820,5	822,6	823,7	824,1	824,1	824,2	820,7	818,8
К-3Б	820,5	822,4	823,7	824,6	824,8	825,1	821,5	819
К-7А	816,3	818,1	819,3	819,6	819,8	819,9	816,7	814,8
К-8Б	843,3	845,4	846,9	847,8	848,3	848,8	845,5	842,9
К-9А	827,8	830,8	832,3	833	833,3	833,6	830	827,5

3. ИЗМЕНЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ПО ПОКАЗАНИЯМ ПЛПС С МОМЕНТА ОКОНЧАНИЯ ПРЕДНАПРЯЖЕНИЯ ДО НАЧАЛА ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Для измерения перемещений защитной оболочки от воздействия предварительного напряжения арматурных канатов и деформаций ползучести железобетона в средней части цилиндра защитной оболочки, на отметке 36,9 м установлено 12 датчиков типа ПЛПС (преобразователей линейных перемещений струнных).

Схема расположения датчиков ПЛПС приведена на рисунке 8. Величина измерения перемещений датчиками (база измерений) составляет 40 мм.

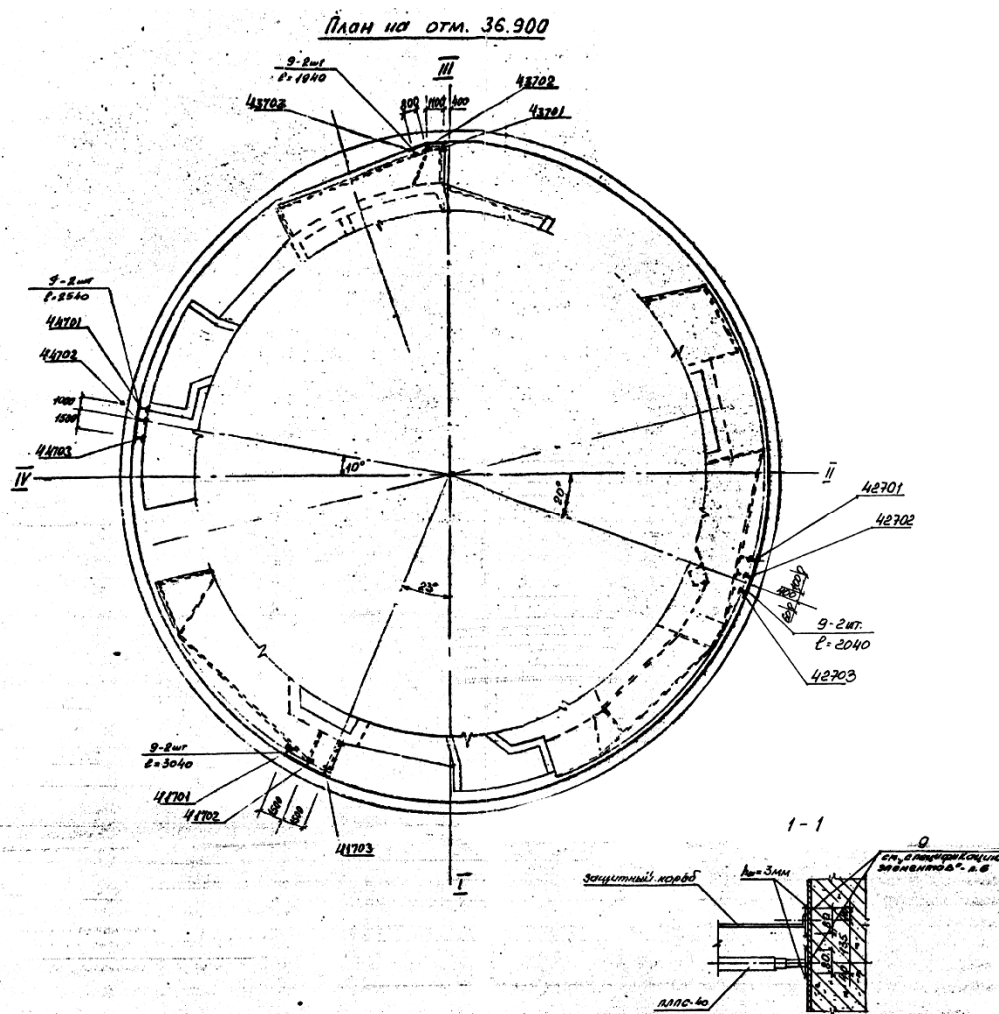


Рис. 8. – Схема расположения датчиков ПЛПС в защитной оболочке 3-го энергоблока Ростовской АЭС

Датчики типа ПЛПС устанавливаются группами по 3 шт. в каждом створе. На рисунке 9 представлен узел крепления датчиков типа ПЛПС, сертификация элементов и общие указания по установке.

На рисунке 9 можно видеть, что преобразователи ПЛПС-40 и защитный колпак крепятся к металлической облицовке через предварительно приваренные 3-х мм пластины.

В рамках данной работы выполнена оценка измерений перемещений стенки с момента окончания преднапряжения защитной оболочки до начала приемо-сдаточных испытаний (по 06.08.2014 г.) конструкции реакторного отделения № 3 Ростовской АЭС.

Для этого построены графики измерения перемещений стенки сооружения в радиальном направлении с момента окончания преднапряжения до начала приемо-сдаточных испытаний (по 06.08.2014 г.) защитной оболочки энергоблока №3 Ростовской АЭС в створах № 1–4. Результаты измерений показывают, что все 12 датчиков ПЛПС остаются в работоспособном состоянии, о чем свидетельствует хорошая сходимость получаемых результатов измерений в каждом из 4 створах (см. рисунки 10 – 13). Наилучшая сходимость получаемых измерений наблюдается в створе № 2.

Большинство преобразователей показывают, что в период с декабря 2013 г. до конца апреля 2014 г. показания не имеют существенных изменений. Однако с начала мая 2014 г. до начала приемо-сдаточных испытаний наблюдалось уменьшение

диаметра защитной оболочки. Во всех створах уменьшение радиуса составило порядка 3-4 мм.

Возможной причиной роста перемещений стенки защитной оболочки послужило увеличение температур внутри и снаружи сооружения. Для подтверждения этого предположения на рисунках 10 – 13 также представлены показания датчиков измерения температур (ПТС), установленных в четырех створах на отметке 32.6 м в трех местах по толщине стенки оболочки: у внутренней поверхности стены, в средней части и у наружной поверхности стены.

Анализ графиков изменения температур показал, что с начала мая 2014 г. до начала приемо-сдаточных испытаний наблюдалось увеличение температуры в оболочке. Например, в створе № 2 датчик типа ПТС-2501 в. показал увеличение температуры с 21 до 39 °С, что приводит к увеличению деформаций ползучести и усадки железобетона. Следовательно, с повышением температуры произошло уменьшение диаметра защитной оболочки от деформаций ползучести и усадки железобетона.

Таким образом, выполненная оценка измерений перемещений стенки с момента окончания преднапряжения защитной оболочки до начала приемо-сдаточных испытаний (по 06.08.2014 г.) конструкции реакторного отделения № 3 Ростовской АЭС показала:

- все 12 датчиков ПЛПС находятся в работоспособном состоянии;
- все 12 датчиков типа ПТС, установленных в четырех створах на отметке 32.6 м в трех местах по толщине стенки оболочки, находятся в работоспособном состоянии;
- увеличение температуры в стенке защитной оболочки приводит к увеличению деформаций ползучести и усадки железобетона;
- результаты измерений, полученные на этапе предпусковых испытаний защитной оболочки, могут быть использованы для оценки напряженно-деформированного состояния сооружения и для обоснования эксплуатационной пригодности защитной оболочки.

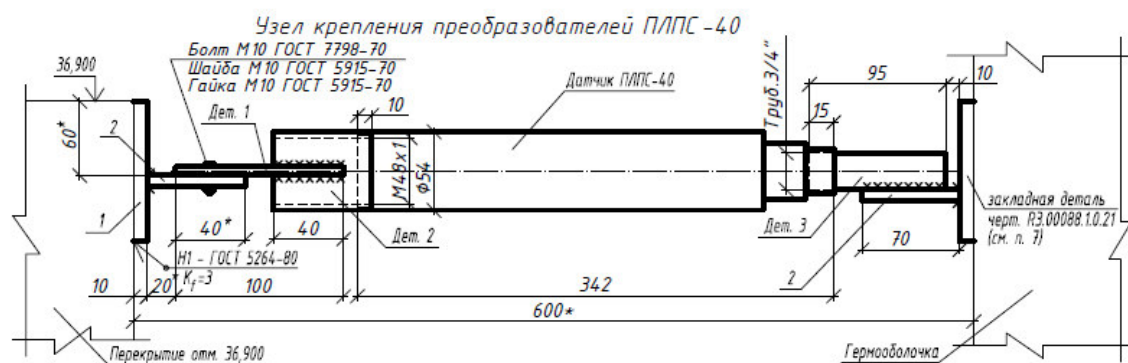


Рис. 9. – Узел крепления датчиков типа ПЛПС

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВНУТРИ И СНАРУЖИ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ДО НАЧАЛА ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ

В данном разделе приведены результаты измерения температуры внутри и снаружи защитной оболочки энергоблока №3 Ростовской АЭС в период ее преднапряжения, включая температуру на поверхности бетона и окружающей среды (см. таблицу № 2). Эти результаты будут использованы в расчетах НДС защитной от воздействия нагрузки от предварительного напряжения.

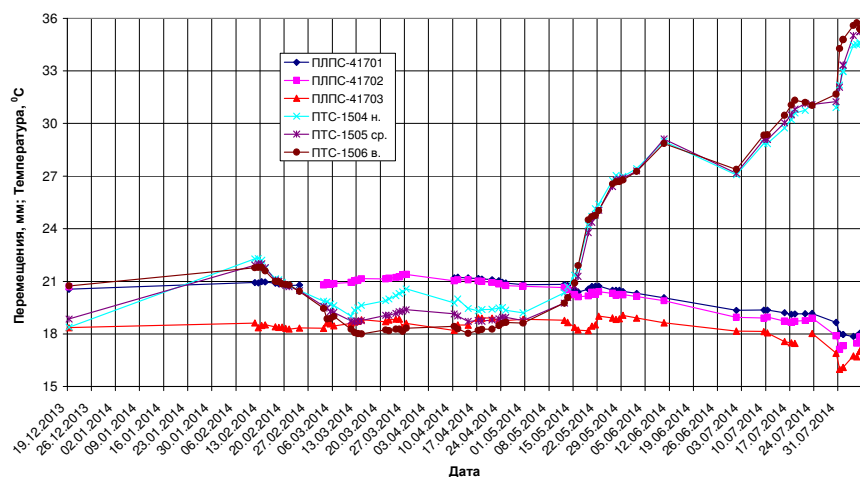


Рис. 10. – Результаты измерений перемещений стенки и температуры в бетоне с момента окончания преднапряжения защитной оболочки до начала прямо-сдаточных испытаний (по 06.08.2014 г.), энергоблок № 3 Ростовской АЭС, створ № 1

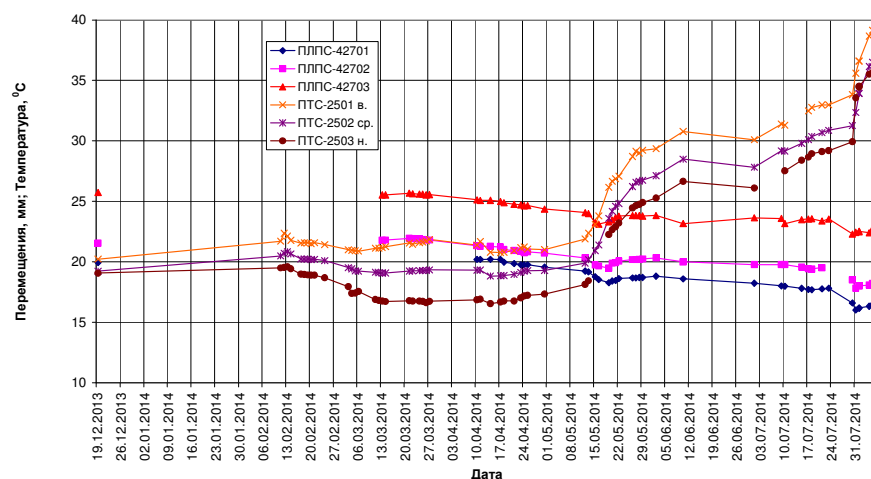


Рис. 11. – Результаты измерений перемещений стенки и температуры в бетоне с момента окончания преднапряжения защитной оболочки до начала прямо-сдаточных испытаний (по 06.08.2014 г.), энергоблок № 3 Ростовской АЭС, створ № 2

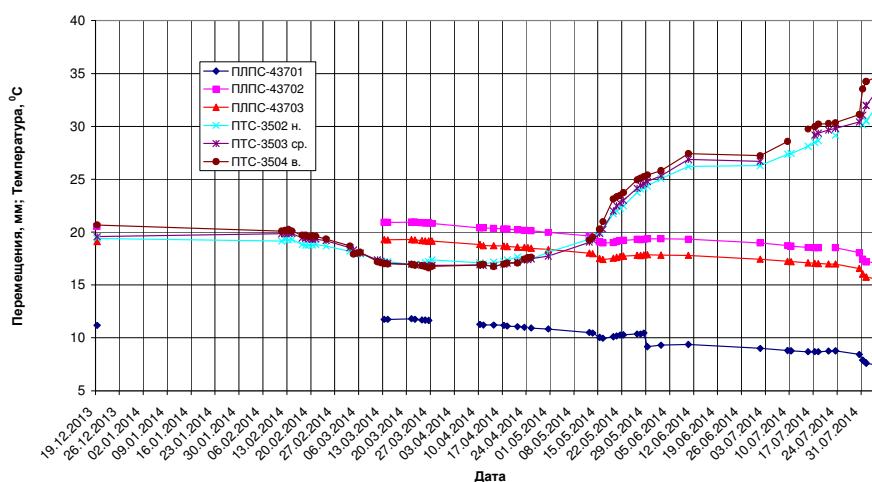


Рис. 12. – Результаты измерений перемещений стенки и температуры в бетоне с момента окончания преднапряжения защитной оболочки до начала прямо-сдаточных испытаний (по 06.08.2014 г.), энергоблок № 3 Ростовской АЭС, створ № 3

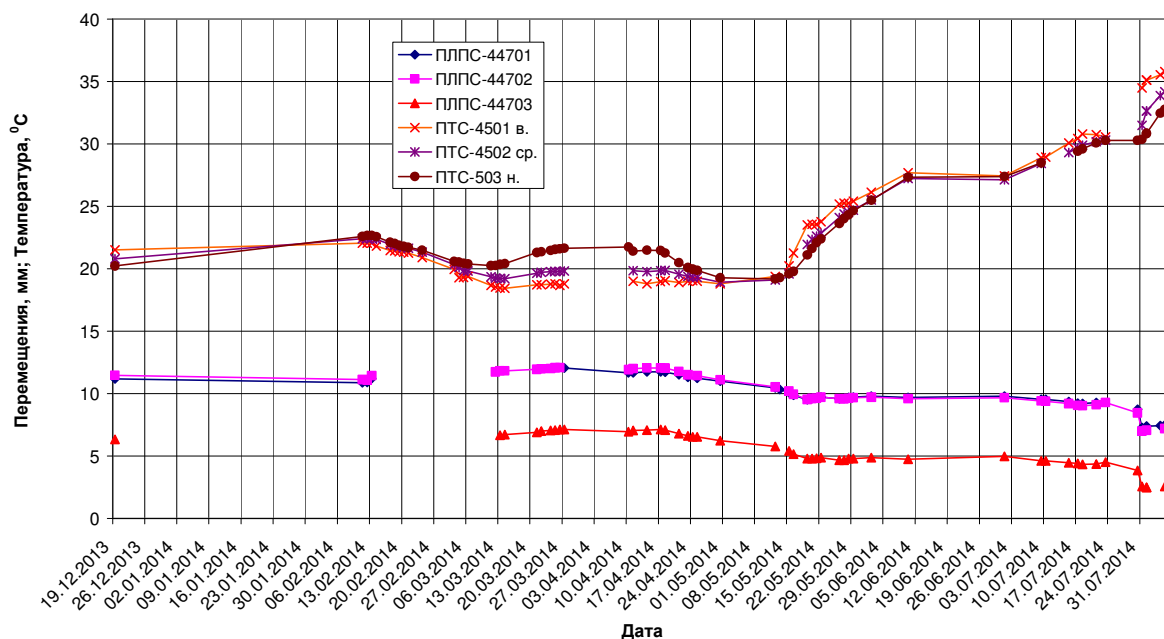


Рис. 13. – Результаты измерений перемещений стенки и температуры в бетоне с момента окончания преднапряжения защитной оболочки до начала прямо-сдаточных испытаний (по 06.08.2014 г.), энергоблок № 3 Ростовской АЭС, створ № 4

Следует отметить, на внутренней поверхности стены защитной оболочки температура измерялась на отметке 36 и 45 м, снаружи – на отметке 46 м.

Таблица 2. – Результаты измерения температуры внутри и снаружи защитной оболочки в период ее преднапряжения, включая температуру на поверхности бетона и окружающей среды

Дата	Время	Температура внутри оболочки						Температура снаружи оболочки					
		Отм., м.	Т воз. °C.	Т пов. бетона в створах, °C				Отм., м.	Т воз. °C.	Т пов. бетона в створах, °C			
				1	2	3	4			1	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
17.12.13	0:45	36	20	22	22	24	22	46	-9	10	12	9	10
		45		23	22	23	23						
17.12.13	4:45	36	20	21	21	23	22	46	-9	8	10	9	10
		45		22	20	22	21						
17.12.13	8:45	36	20	22	22	22	22	46	-10	0	3	-1	-1
		45		23	23	24	24						
17.12.13	12:45	36	21	22	22	24	24	46	-5	2	14	9	4
		45		22	22	24	24						
17.12.13	16:45	36	20	22	22	24	25	46	-6	1	4	2	4
		45		24	24	24	25						
17.12.13	20:45	36	20	22	22	24	25	46	-6	2	4	3	5
		45		24	24	24	25						

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
18.12.13	0:45	36	20	22	23	24	25	46	-8	2	4	2	4
		45		24	24	24	25						
18.12.13	4:45	36	20	23	23	24	25	46	-6	2	4	4	5
		45		24	24	24	25						
18.12.13	8:45	36	20	24	23	24	25	46	0	7	6	5	10
		45		24	25	25	25						
18.12.13	12:45	36	20	25	22	24	25	46	0	6	6	5	8
		45		25	23	25	25						
18.12.13	16:45	36	20	24	23	24	25	46	0	7	7	5	9
		45		25	23	25	25						
18.12.13	20:45	36	20	23	22	21	22	46	0	7	9	8	7
		45		22	22	21	22						
19.12.13	0:45	36	20	23	22	21	22	46	0	7	9	9	7
		45		22	22	21	22						
19.12.13	4:45	36	20	22	22	21	22	46	0	7	9	9	7
		45		22	22	21	22						

Ниже приведены результаты измерения температуры внутри и снаружи защитной оболочки перед ее прямо-сдаточными испытаниями, включая температуру на поверхности бетона и окружающей среды (см. таблицу № 3). Эти результаты использованы в расчетах НДС защитной оболочки.

Следует отметить, на внутренней поверхности стены защитной оболочки температура измерялась на отметке 36 и 45 м, с наружи – на отметке 46 м.

Следует отметить, что на завершающем этапе преднапряжения защитной оболочки минимальная температура окружающей среды составляла -10°C (таблица №3), а максимальная температура перед прямо-сдаточными испытаниями составляла 43 °C.

ВЫВОДЫ

1) Натурные наблюдения с момента окончания преднапряжения (19.12.2014) до начала прямо-сдаточных испытаний (06.08.2014) показали, что в следствие проявления деформаций ползучести и усадки бетона, релаксации напряжений в проволоках канатов и колебаний температур окружающей среды за текущий период произошло увеличение сжимающих напряжений в стержневой арматуре. При этом в средней части цилиндра приращение напряжений в меридиональной стержневой арматуре составляет порядка 15-20 МПа, а в кольцевой – порядка 25-30 МПа.

2) Измерения усилий на тяжных анкерах арматурных канатов цилиндра защитной оболочки за период с момента окончания преднапряжения до начала приемосдаточных испытаний с помощью датчиков силы ПСИ-01 показали, что снижение усилий составляет порядка 50 тс. При этом снижение усилий в первые 5 дней после преднапряжения составляет порядка 15 тс.

3) На показания датчиков ПСИ-01 оказывают влияние суточные колебания температур окружающей среды, включая солнечное излучение. Результаты измерений, полученные в различные моменты времени 31.07.2014 г., показывают, что колебания усилий в течение суток могут составлять 7 тс и более.

Таблица 3. – Результаты измерения температуры внутри и снаружи защитной оболочки перед ее приемо-сдаточными испытаниями включая температуру на поверхности бетона и окружающей среды

Дата	Время	Температура внутри оболочки						Температура снаружи оболочки					
		Отм., м.	Т воз. °С.	Т пов. бетона в створах, °С				Отм., м.	Т воз. °С.	Т пов. бетона в створах, °С			
				1	2	3	4			1	2	3	4
05.08.14	04:00	36	39	37	37	38	37	46	24	27	29	26	23
		45		37	38	38	38						
05.08.14	08:00	36	30	37	37	37	36	46	30	26	29	30	28
		45		39	38	39	37						
05.08.14	12:00	36	43	39	39	39	37	46	43	29	37	33	29
		45		40	40	40	39						
05.08.14	16:00	36	41	39	39	39	37	46	37	40	40	31	29
		45		41	41	40	39						
05.08.14	20:00	36	40	39	39	38	37	46	31	34	34	30	30
		45		39	37	38	38						
05.08.14	24:00	36	38	38	38	38	37	46	29	32	30	32	30
		45		39	38	37	38						
06.08.14	04:00	36	38	39	38	38	39	46	26	28	27	25	26
		45		38	37	38	38						
06.08.14	08:00	36	29	36	37	39	36	46	28	27	29	32	27
		45		37	38	37	36						
06.08.14	12:00	36	38	37	38	38	37	46	36	28	35	35	28
		45		39	38	38	37						
06.08.14	16:00	36	38	38	39	39	38	46	37	30	34	35	30
		45		39	38	39	37						
06.08.14	20:00	36	38	39	39	40	39	46	37	32	35	33	31
		45		40	39	40	38						
06.08.14	24:00	36	34	39	39	39	38	46	34	30	33	31	29
		45		39	40	39	38						

4) Измерения перемещений стенки защитной оболочки в радиальном направлении с момента окончания преднапряжения до начала приемо-сдаточных испытаний (по 06.08.2014 г.) в створах № 1 – 4 показали, что все 12 датчиков ПЛПС остаются в работоспособном состоянии, о чем свидетельствует хорошая сходимость получаемых результатов измерений в каждом из 4 створов. Большинство преобразователей показывают, что в период с декабря 2013 г. до конца апреля 2014 г. показания не имеют существенных изменений. Однако с начала мая 2014 г. до начала приемо-сдаточных испытаний наблюдалось уменьшение диаметра защитной оболочки. Во всех створах уменьшение радиуса составило порядка 3-4 мм.

5) Результаты измерения температуры внутри и снаружи защитной оболочки, включая температуру на поверхности бетона и окружающей среды, будут использованы в расчетах НДС защитной оболочки при проведении приемо-сдаточных испытаний и обосновании эксплуатационной пригодности сооружения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Медведев, В.Н. и др.* Натурные наблюдения на этапе строительства защитной оболочки энергоблока № 3 Ростовской АЭС [Текст] / В.Н. Медведев, Александр С. Киселев, Алексей С. Киселев, А.Н. Ульянов, В.Ф. Стрижов, Е.А. Потапов // Глобальная ядерная безопасность. – 2014. – №3(12). – С. 89–99.
2. *Гайрабеков, И.Г. и др.* Результаты выполненных работ в рамках мониторинга защитных герметичных оболочек строящихся блоков Ростовской АЭС [Текст] / И.Г. Гайрабеков, Ю.И. Пимшин, О.А. Губеладзе, В.Н. Медведев // Сборник статей по итогам научно-практических конференций. Выпуск 7, Часть 1. – М., 2014. – Приложение к журналу: Известия ВУЗов «Геодезия и аэрофотосъемка». – С. 29-30.
3. *Медведев, В.Н. и др.* Анализ результатов предварительного напряжения защитной оболочки энергоблока № 3 Ростовской АЭС [Текст] / В.Н. Медведев, А.Н. Ульянов, В.Ф. Стрижов, А.С. Киселев // Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики: тез. Девятой междунар. науч.-техн. конф.: пленарные и секционные доклады. – МНТК-2014, Москва, 21–23 мая 2014 г. – М., 2014. – С. 290–295.

REFERENCES

- [1] Medvedev V.N., Kiselev Aleksandr S., Kiselev Aleksey S., Ul'yanov A.N., Strizhov V.F., Potapov E.A. Naturnye nablyudeniya na e'tape stroitel'stva zashhitnoj obolochki e'nergobloka № 3 Rostovskoj AES [Natural supervision at a stage of construction of the Rostov NPP power unit № 3 protective cover]. Globalnaya yadernaya bezopasnost [Global nuclear safety], 2014, Vol. 3(12), ISSN 2305-414X, p. 89–99. (in Russian)
- [2] Gajrabekov I.G., Pimshin Yu.I., Gubeladze O.A., Medvedev V.N. Rezultaty vypolnennyx rabot v ramkax monitoringa zashhitnyx germetichnyx obolochek stroyashixsya blokov Rostovskoj AES [Results of the performed works within monitoring of protective tight covers of the Rostov NPP construction blocks]. Sbornik statej po itogam nauchno-prakticheskix konferencij [The collection of articles following the results of scientific and practical conferences.]. [Release] 7, Vol. 1, Prilozhenie k zhurnalu: Izvestiya VUZov «Geodeziya i ae'rofotosjemka» [Annex to the magazine: News of higher education institutions "Geodesy and aerial photography"], M. 2014, ISSN 0536-101X, p. 29–30. (in Russian)
- [3] Medvedev V.N., Ul'yanov A.N., Strizhov V.F., Kiselev A.S. Analiz rezul'tatov predvaritel'nogo napryazheniya zashhitnoj obolochki e'nergobloka № 3 Rostovskoj AES [Analysis of results of preliminary tension of a protective cover of the Rostov NPP power unit № 3]. Bezopasnost, effektivnost i ekonomika atomnoj energetiki [Safety, efficiency and economy of nuclear power:] : tez. Devyatoj mezhdunar. nauch.-texn. konf.: plenarnye i sekcionnye doklady [theses of the Ninth international scientific and technical conference: plenary and section reports]. – MNTK[international scientific and technical conference]-2014, Moscow, May 21–23, 2014. M. 2014, (in Russian)

Natural Supervision of the Rostov NPP Power Unit № 3 Protective Cover after Pretension

**V.N. Medvedev*, N.A. Kiselev*, E.S. Krutko*,
A.N. Ulyanov*, V.F. Strizhov*, E.A. Potapov****

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

*** Rostov NPP the branch of JSC Rosenergoatom Concern,
Volgodonsk-28, Rostov region, Russia 347340
e-mail: tn17046@yandex.ru*

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

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

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

УДК 681.518.5

**ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОРГАНИЗАЦИИ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА ОБОРУДОВАНИЯ АЭС**

**© 2015 г. О.Ю. Пугачева, В.Н. Никифоров, Е.А. Абидова, П.В. Синельщиков,
Р.Г. Бабенко, Д.В. Сиротин, Ю.Н. Елжов**

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

В работе рассматриваются вопросы поддержания эксплуатационной безопасности и функциональной пригодности оборудования энергоблоков АЭС, оптимизация сроков ремонта и сокращение затрат на его проведение за счет организации диагностического мониторинга оборудования АЭС.

Ключевые слова: электроприводная арматура, диагностический паспорт, база данных.

Поступила в редакцию 15.05.2015

Диагностический мониторинг при эксплуатации энергоблоков обеспечивает поддержание безопасности и функциональной пригодности ответственного оборудования АЭС.

Целями организации мониторинга являются:

- оценка технического состояния и определения дефектов оборудования энергоблоков АЭС с использованием средств и методов технической диагностики;
- поддержание эксплуатационной безопасности и функциональной пригодности оборудования энергоблоков АЭС в межремонтный период и при продлении сроков эксплуатации энергоблоков АЭС;
- оптимизация сроков ремонта и сокращение затрат при проведении ремонтных работ на АЭС.

Мониторинг и диагностика оборудования энергоблоков АЭС подразумевает оценку технического состояния, поиск дефектного узла, прогноз остаточного ресурса. Результаты диагностического обследования используются при разработке ремонтной документации для подготовки и проведения ТОиР (техническое обслуживание и ремонт), оптимизации сроков выполнения технического обслуживания и ремонта, сокращения затрат на его проведение [1]. Таким образом, задачами при организации мониторинга являются:

- разработка комплектов технологической документации (далее – КТД) для обеспечения подготовки и проведения ремонта оборудования с учетом рекомендаций по результатам технического диагностирования;
- прогнозирование технического состояния диагностируемого оборудования, использование результатов диагностического мониторинга при определении ресурсных характеристик обследуемого оборудования, расчете остаточного ресурса и прогнозирования технического состояния;
- построение аналитических моделей дефектов обследуемого оборудования на основании данных диагностического мониторинга.

НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ производит диагностическое сопровождение оборудования Ростовской, Нововоронежской, Балаковской, Калининской АЭС и других

предприятий атомной отрасли России и зарубежья. Перечень оборудования, диагностируемого специалистами НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ, включает электроприводную арматуру (ЭПА), насосы, вентиляторы, привода СУЗ, перегрузочную машину, дизель-генераторные установки (включая навесное оборудование), теплообменное оборудование (подогреватели высокого давления, подогреватели низкого давления, испаритель, парогенератор).

Результатом обобщения опыта диагностирования ЭПА является поэтапный подход к организации диагностического мониторинга оборудования АЭС, включающий пять этапов.

- I. Предварительный этап:
 - составление и согласование перечня ЭПА для проведения диагностирования;
 - подбор и анализ необходимой технической документации на ЭПА согласно перечню;
 - формирование типовых групп ЭПА.
- II. Сбор и предварительный анализ диагностической информации:
 - проведение регистрации диагностических параметров;
 - экспресс – анализ диагностических параметров с выдачей оперативного заключения о техническом состоянии ЭПА (в течение 1 часа – 5 единиц арматуры).
- III. Анализ диагностической информации:
 - полный расчет и анализ диагностических параметров;
 - получение и анализ графиков огибающих диагностических параметров и амплитудно-частотных спектров;
 - оформление протокола диагностического обследования ЭПА.
- IV. Расчет доверительных интервалов (полей допусков):
 - по огибающей диагностических параметров (сигнала активной мощности и токового сигнала);
 - по спектрам токового сигнала.
- V. Формирование отчетных материалов:
 - акты-заключения о техническом состоянии ЭПА;
 - технический отчет по результатам диагностического обследования.

При анализе диагностической информации одновременно с «информационной теорией огибающей» используют «спектральную информационную теорию» [2]. Диагностические параметры, рассчитанные по токовым сигналам и сигналам активной мощности, сравнивают с нормами оценки по НД и допусками на них, а амплитудно-частотные спектры, огибающие токового сигнала и сигнала активной мощности сравнивают с рассчитанными полями допусков и эталонами. При этом оценивается как изменение технического состояния как каждой конкретной технологической позиции ЭПА, так и всей типовой группы в целом. В целях сопоставимости результатов неоднократного диагностирования, измерения необходимо проводить в одинаковых условиях (параметры окружающей и рабочей среды).

Основными особенностями предлагаемого подхода к организации диагностического мониторинга оборудования АЭС являются:

- возможность использования новых методик для повышения достоверности результатов диагностирования ЭПА;
- формирование и последующее заполнение электронного диагностического паспорта ЭПА.

Многолетний опыт диагностирования оборудования АЭС (с 1980 г.) лег в основу создания электронных баз данных, в которых хранится информация о более чем 16000 единицах оборудования. Комплексная база данных содержит общие сведения о диагностируемом оборудовании (паспорта оборудования, технические условия,

чертежи, спецификации, эксплуатационную и ремонтную документацию, нормируемые диагностические параметры); диагностические сигналы; расчетные значения диагностических параметров по датам регистрации и обработки, расчетные значения доверительных интервалов на диагностические параметры по типоразмерам оборудования; каталог дефектов; банк данных технического состояния оборудования; электронный архив отчетных документов. Особое значение имеет использование сведений, содержащихся в базе данных для отслеживания тенденций изменения технического состояния и принятия решений о возможности продления межремонтного периода оборудования при переходе к стратегии ТОиР по техническому состоянию. Схема организации мониторинга и диагностирования оборудования АЭС с использованием электронных баз данных приведена на рисунке 1.



Рис. 1. – Схема организации мониторинга и диагностирования оборудования АЭС с использованием электронных баз данных

Сведения, хранящиеся в базе данных, используются при предварительном анализе (экспресс-анализе) технического состояния диагностируемого оборудования, и при окончательном расчете диагностических параметров и анализе технического состояния с постановкой диагноза по техническому состоянию обследуемого оборудования – «работоспособное», «частично работоспособное», «не работоспособное» с дальнейшими рекомендациями по выводу оборудования в ремонт. Основным инструментом, используемым при анализе технического состояния, является сравнительный анализ с эталонными значениями параметров технического состояния, хранящихся в базе данных:

– значений диагностических параметров и эталонных графиков огибающих сигналов, используемых при диагностировании оборудования, полученных с учетом

типоразмера обследуемого оборудования;

- графиков расчетных спектров и “масок” спектров по типовым группам оборудования;
- граничных значений по диагностическим параметрам, как по типовым группам оборудования, так и по каждой единице диагностируемого оборудования;
- информации из каталога дефектов диагностируемого оборудования.

Анализ параметров текущего технического состояния объекта диагностирования производится с учетом графиков ремонтов диагностируемого оборудования (с указанием категории ремонта – «текущий», «средний», «капитальный»).

Результаты диагностического обследования оборудования АЭС используются при определении остаточного ресурса оборудования и как один из инструментов управления ресурсными характеристиками оборудования при эксплуатации оборудования в период работы оборудования в период дополнительного срока эксплуатации.

Для повышения качества диагностирования оборудования на каждую технологическую единицу составляются и ведутся интерактивные диагностические паспорта. Пример схемы формирования Банка диагностических паспортов на одну технологическую позицию ЭПА представлен на рисунке 2.

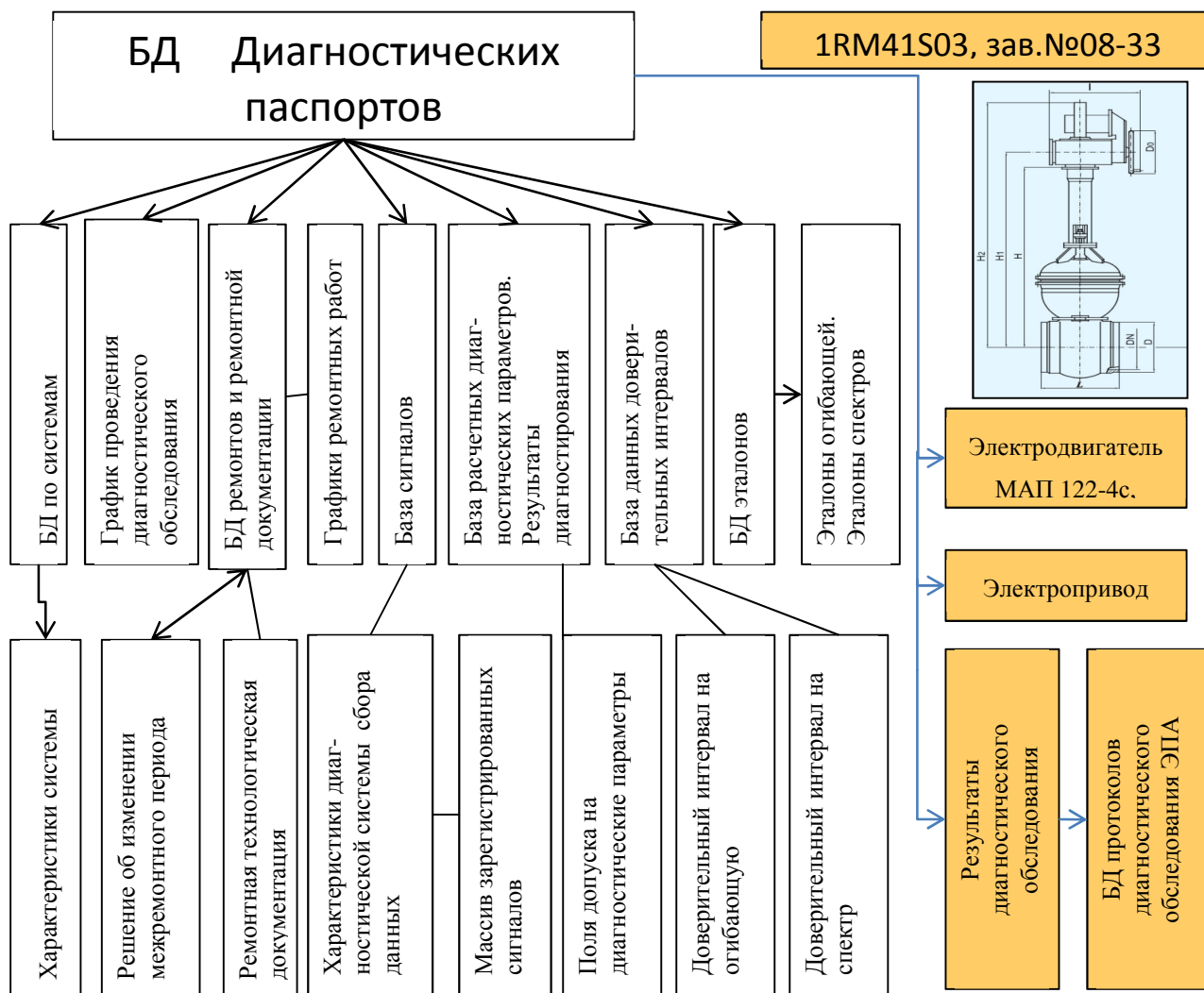


Рис. 2. – Схема формирования Банка диагностических паспортов ЭПА

Располагая всесторонней информацией, специалисты НИИ АЭМ разрабатывают и внедряют новые методики диагностирования, создают программы автоматической обработки данных, опробуют новые методы диагностики, разрабатывают и осуществляют поставку диагностических комплексов. Согласно методике, работоспособность механизма оценивается на основании анализа диагностических параметров (например, время срабатывания, величина рабочего тока). Расчет и сравнение с нормативом производится автоматически.

Корректировка межремонтного периода оборудования, подлежащего контрольному вскрытию в период ППР, производится на основании актов-заключений о техническом состоянии оборудования по результатам измерений расчета и анализа диагностических параметров; карт технического контроля; сведений журнала регистрации дефектов. Схема документооборота при корректировке межремонтного периода представлена на рисунке 3.

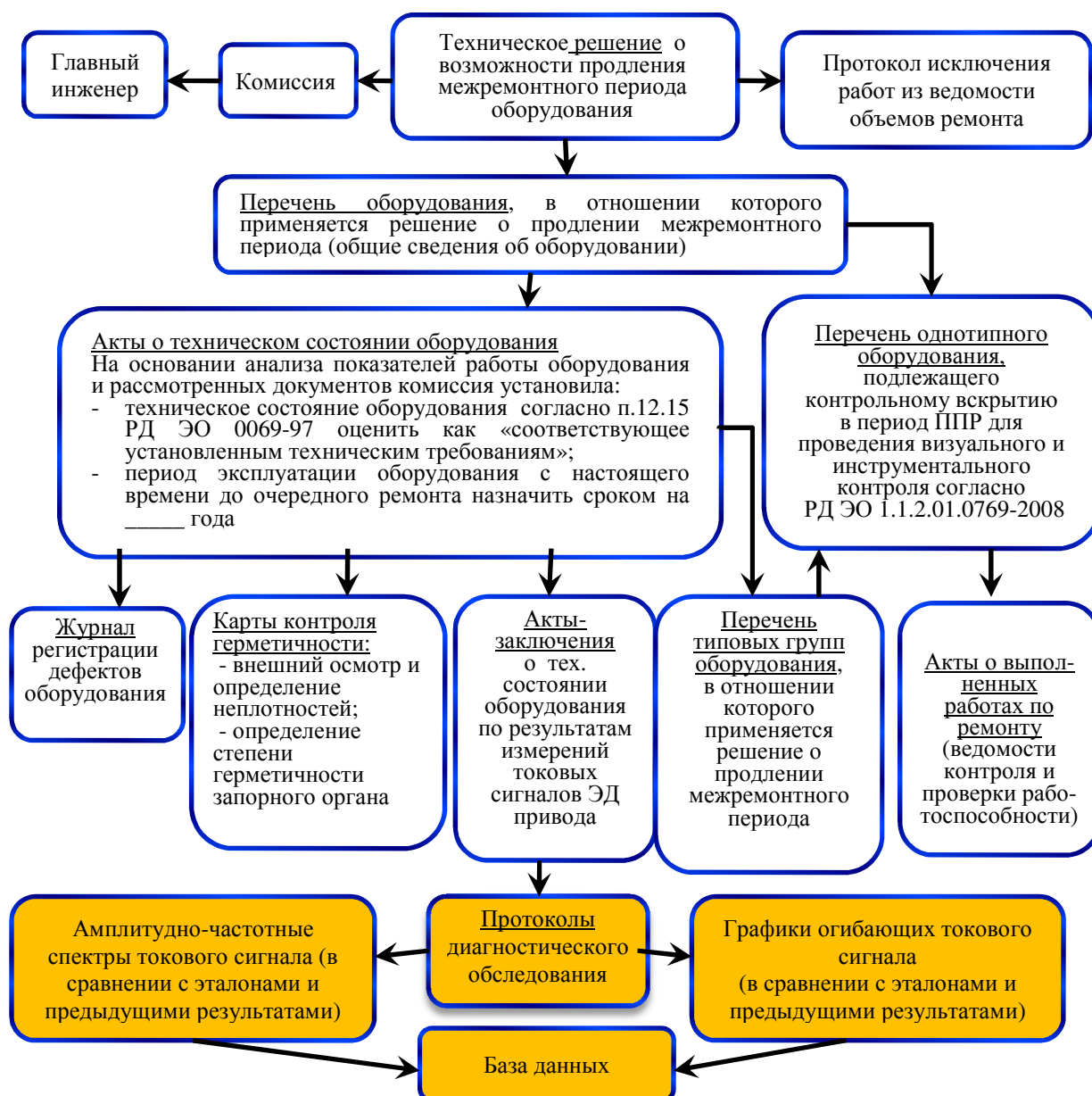


Рис. 3. – Корректировка межремонтного периода

Техническое решение о возможности продления межремонтного периода оборудования согласовывается с комиссией во главе с главным инженером. Оно содержит перечень оборудования, в отношении которого применяется решение о продлении межремонтного периода (общие сведения об оборудовании) и протокол исключения работ из ведомости объемов ремонта.

Повышение качества диагностирования является научной проблемой, для решения которой специалистами НИИ проводится разработка новых методов анализа диагностических данных с использованием натурного и численного моделирования [3,4].

Один из новых методов – вейвлет-анализ – выявляет информативные гармоники на фоне шума. Повышение амплитуд отдельных гармоник показано изменением цвета в вейвлет спектре за 2008 г. А в спектре признаки ухудшения по данной арматуре были обнаружены только в период ППР 2009 г. Т.е. новый метод является более чувствительным.

Другой новый метод – фазово-плоскостной. Основан на анализе фазового портрета сигнала. Он уступает по чувствительности вейвлет-анализу, но обладает большой наглядностью и позволяет наблюдать динамику объекта. Фазово-плоскостной метод основан на комплексном представлении колебаний. Согласно комплексной теории колебаний, сигнал можно представить как вращающийся вектор. Конец вектора описывает фазовый портрет. Форма и размер портрета характеризует состояние объекта.

Таким образом, НИИ АЭМ накоплен опыт оценки технического состояния и определения дефектов оборудования энергоблоков АЭС с использованием как известных средств и методов технической диагностики, так и с внедрением новых методов диагностирования, которые отличаются информативностью, чувствительностью и наглядностью. В результате достигается поддержание эксплуатационной безопасности и функциональной пригодности оборудования энергоблоков АЭС, оптимизация сроков ремонта и сокращение затрат на его проведение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пугачева, О.Ю. и др. Информационное обеспечение ремонтных технологий тепломеханического оборудования АЭС [Текст] / О.Ю. Пугачева, Н.Н. Подрезов, В.Н. Никифоров // Современные технологии, оборудование, техническое оснащение и подготовка персонала для ремонтных работ в атомной энергетике : материалы конференции. – Нововоронеж, 2013. – С. 87–90.
2. Василенко, С.В. и др. Методическое обеспечение процесса диагностики вращающихся электроприводных механизмов [Текст] / С.В. Василенко, Ю.Н. Елзов, В.Н. Никифоров, О.Ю. Пугачева // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2014. – №4. – С. 33–36.
3. Абидова, Е.А. и др. Идентификация диагностической информации при оценке технического состояния электроприводной арматуры АЭС [Текст] / Е.А. Абидова, В.А. Носенко, А.В. Чернов, О.Ю. Пугачёва // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2012. – Т. 6– №6. – С. 90–93.
4. Слепов, М.Т. и др. Технологии анализа диагностических параметров электроприводной арматуры на действующих энергоблоках Нововоронежской АЭС [Текст] / М.Т. Слепов, Е.А. Абидова, В.Н. Никифоров, О.Ю. Пугачева // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2014. - №4 – С. 16–22.

REFERENCES

- [1] Pugacheva O.Yu., Podrezov N.N., Nikiforov V.N. Informacionnoe obespechenie remontnyh tehnologij teplomexanicheskogo oborudovaniya AES [Information support of repair technologies of the heatmechanical equipment of the NPP]. Sovremennye tehnologii, oborudovanie, texnicheskoe

- osnashhenie i podgotovka personala dlya remontnyh rabot v atomnoj energetike : materialy konferencii [Modern technologies, the equipment, hardware and preparation of the personnel for repair work in nuclear power: conference materials]. Novovoronezh, 2013, p. 87–90 (in Russian)
- [2] Vasilenko S.V., Elzhov Yu.N., Nikiforov V.N., Pugacheva O.Yu. Metodicheskoe obespechenie processa diagnostiki vrashhayushhihsya elektroprivodnyh mexanizmov [Methodical ensuring process of diagnostics of the rotating electrodriving mechanisms]. Elektrotexnicheskie komplekсы i sistemy upravleniya [Electrotechnical complexes and control systems], 2014, №4, ISSN 1990-5246, p. 33–36. (in Russian)
- [3] Abidova E.A., Nosenko V.A., Chernov A.V., Pugachyova O.Yu. Identifikaciya diagnosticheskoy informacii pri ocenke tehnikeskogo sostoyaniya elektroprivodnoj armatury AES [Identification of diagnostic information at an assessment of technical condition of electrodriving fittings of the NPP]. Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [News of the Volgograd state technical university], 2012, Vol. 6, №6, ISSN 1990-5297 p. 90 – 93. (in Russian)
- [4] Slepov M.T., Abidova E.A., Nikiforov V.N., Pugacheva O.Yu. Teknologii analiza diagnosticheskikh parametrov elektroprivodnoj armatury na deystvuyushhih energobloках Novovoronezhskoj AES [Technologies of the analysis of diagnostic parameters of electrodriving fittings on the operating power units of the New Voronezh NPP]. Elektrotexnicheskie komplekсы i sistemy upravleniya [Electrotechnical complexes and control systems.], 2014, №4, ISSN 1990-5246, p. 16–22. (in Russian)

Purposes and Tasks of the NPP Equipment Diagnostic Monitoring Organization

**O.Yu. Pugacheva, V.N. Nikiforov, E.A. Abidova, P.V. Sinelshnikov, R.G. Babenko,
D.V. Sirotin, Yu.N. Elzhov**

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

Abstract - Questions of maintenance of operational safety and functional suitability of the NPP power units equipment, repair terms optimization and cost reduction of its carrying out at the expense of the diagnostic monitoring organization of the NPP equipment are considered in work.

Keywords: electrodriving fittings, diagnostic passport, database.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

УДК 621.039.56

**МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ИСТОЧНИКОВ
ВОЗНИКНОВЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ СТОЯЧИХ ВОЛН
В ПЕРВЫХ КОНТУРАХ АЭС С ВВЭР-440**

© 2015 г. К.Н. Проскуряков*, А.И. Фёдоров**, М.В. Запорожец*,
А.А. Дятловский*, В.А. Гусейнов*

*«Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва

** Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция», Нововоронеж,
Воронежская область

Авария на японской АЭС Фукусима Дайичи, произошедшая в результате землетрясения в 2011 г., привела к пониманию необходимости ужесточения требований, предъявляемых к обеспечению сейсмостойкости и к обоснованию возможности продления сроков службы АЭС.

В этих условиях, для обеспечения безопасности, сейсмостойкости и конкурентоспособности отечественных АЭС, актуальным становится использование на практике результатов исследований, полученных в НИУ «МЭИ» в последние десятилетия и стимулирование проведения дальнейших исследований виброакустических процессов и резонансов в оборудовании АЭС.

Ряд опубликованных результатов, полученных впервые в мире в НИУ «МЭИ» и, до настоящего времени не имеющих аналогов, включен в глобальную научную базу данных World Wide Science.org в качестве ключевых глобальных научно-исследовательских результатов.

В работе приведены разработанные и верифицированные методы и алгоритмы расчета частот акустических стоячих волн и идентификации источников их возникновения. Указаны главные направления актуальных научных и проектных работ, в которых должны найти применение полученные результаты.

Ключевые слова: стоячие волны, вибрации, виброакустический резонанс, АЭС.

Поступила в редакцию 15.05.2015

В НИУ «МЭИ» с середины 1970-х годов ведутся исследования теплогидравлического возбуждения колебаний теплоносителя во внутрикорпусных устройствах ЯЭУ и методов их идентификации. Имеется приоритет в обосновании существования и в способах моделирования колебаний давлений теплоносителя, находящегося в одно- и двухфазном состоянии, включая автоколебания, системные, собственные и параметрические колебания. Исследования привели к пониманию причин возникновения нештатных динамических нагрузок в оборудовании [1].

Во многих случаях благодаря существованию нештатных динамических нагрузок происходят внезапные отказы оборудования и аварии. Отметим, что рекомендации [2] по раннему обнаружению вскипания теплоносителя в активной зоне реакторов типа WWER и PWR были опубликованы до аварии на АЭС «Три-Майл Айленд» (США). Знание и использование этих рекомендаций могло бы предотвратить ошибочные действия оперативного персонала, последствия которых привели к одной из тяжелейших в мировой практике эксплуатации АЭС аварий.

Акустическая модель компенсатора давления (КД), разработанная в 1979 г. [2], широко используется в мире [3,4,5].

После аварии на японской АЭС Фукусима Дайичи ужесточились требования обеспечения сейсмостойкости и продления сроков службы АЭС. Особо важной стала задача предотвращения резонансного взаимодействия вибраций оборудования с акустическими стоячими волнами (АСВ) и с периодическими внешними динамическими нагрузками.

В этих условиях использование, опередивших в свое время текущие потребности ядерной энергетики результатов исследований виброакустических процессов, проведенных в НИУ «МЭИ» и стимулирование их дальнейшего развитие, актуально для обеспечения конкурентоспособности и безопасности отечественных АЭС.

В базу данных «WorldWideScience.org», разработанную департаментом энергии (DoE) США, Управлением энергетики научной и технической информации в 2014 г. включено более 10 публикаций, автором или соавтором которых является К.Н. Проскуряков. WorldWideScience.org реализует охват ключевых глобальных научно-исследовательских результатов и является научной базой данных и поисковых систем, предназначенных для ускорения научных открытий и прогресса за счет ускорения обмена научными знаниями. Эта глобальная научная база данных предназначена способствовать сотрудничеству и обмену идеями между исследователями.

Результаты дальнейшего исследования АСВ, возникающих в КД, приведены в [6]. В этой работе впервые теоретически обоснованы: а) генерация АСВ, обусловленных самостоятельными и совместными колебаниями парового и водяного объемов, содержащихся в КД; и б) использование разработанной акустической модели КД для идентификации источников генерации АСВ в первом контуре АЭС с ВВЭР-440, частота которых зависит от термодинамических параметров теплоносителя и уровня воды в КД. Однако в более поздних работах, [7, 8, 9], приведены только результаты измерений АСВ в первом контуре АЭС с ВВЭР-440. Отсутствие в этих работах результатов расчетной оценки частоты АСВ даже для номинального режима работы энергоблока не позволяет осуществить идентификацию источников их возникновения в диапазоне изменения термодинамических параметров теплоносителя в режимах, предусмотренных регламентом эксплуатационных режимов энергоблока.

Данная работа посвящена разработке акустических моделей теплоносителя в оборудовании АЭС с ВВЭР-440 и на их основе методического обеспечения построения акустического паспорта теплоносителя, как в отдельных компонентах оборудования, так и системе первого контура в целом.

Исследования, проведенные на одной из автономных систем АЭС, подтверждают правомерность гипотезы о том, что установка местного сопротивления подобного диафрагме, используемой для измерения расхода текучей среды, делит участок трубопровода между запорными задвижками 1 и 2 на два акустических контура представленных на рисунке 1.

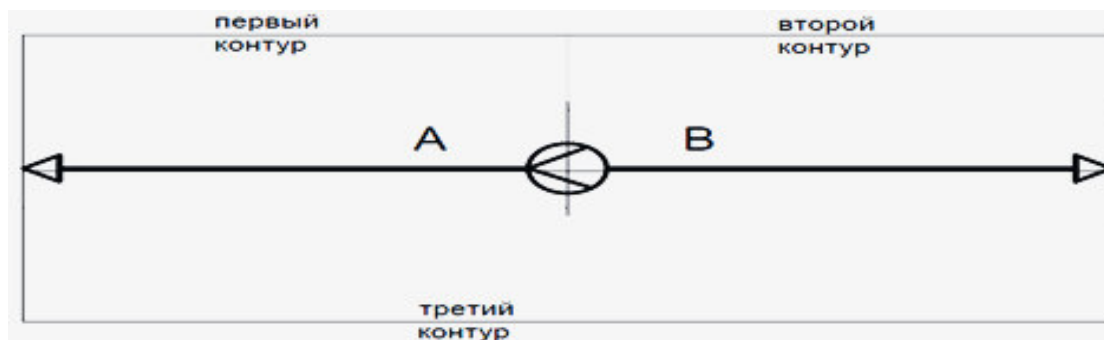


Рис. 1. – Напорный трубопровод, разделенный диафрагмой на первый и второй контуры

Из сопоставления данных измерения вибраций, полученных до установки и после установки диафрагмы, сделан вывод о том, что при установке диафрагмы в автоспектре вибраций появляются составляющие, обусловленные собственными частотами колебаний давления теплоносителя на участках трубопровода А и Б.

В соответствии с этим выводом разработана акустическая модель теплоносителя в оборудовании первого контура АЭС с ВВЭР-440 энергоблоков АЭС «Дукованы» (ВВЭР – 440, В – 213), которая представлена на рисунке 2. Акустические элементы промаркированы цифрами от 1 до 16. На рисунке 2 показано, что наличие главных запорных задвижек (ГЗЗ) делит трубопроводы на два акустических элемента: – элементы 15 и 16 на холодной нитке и элементы 5 и 10 на горячей нитке главного циркуляционного контура (ГЦТ).

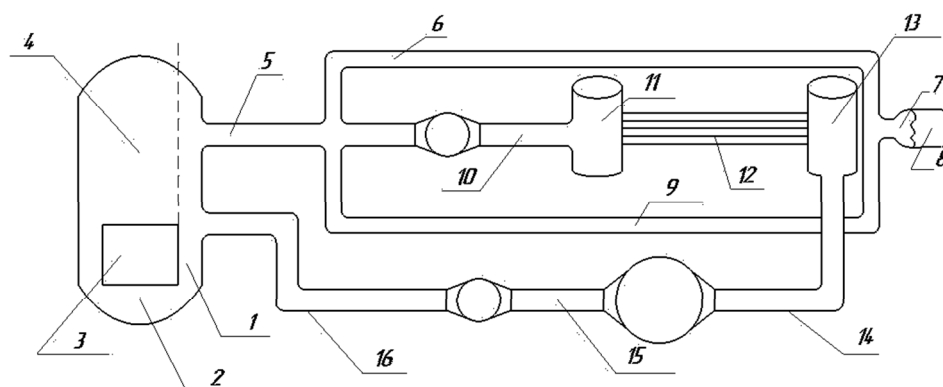


Рис. 2. – Акустическая модель петли с компенсатором давления РУ «Дукованы» (ВВЭР – 440)

- 1 – опускной участок в реакторе; 2 – пространство под АЗ; 3 – активная зона; 4 – пространство над АЗ;
 5 – трубопровод от реактора к ГЗЗ; 6 – подводящий трубопровод к КД; 7, 8 – КД;
 9 – подводящий трубопровод к КД; 10 – трубопровод от ГЗЗ до горячего коллектора ПГ;
 11 – горячий коллектор; 12 – трубы теплообменной поверхности ПГ; 13 – холодный коллектор;
 14 – трубопровод от холодного коллектора до ГЦН; 15 – трубопровод от ГЦН до ГЗЗ на холодной нитке гл; 16 – трубопровод от ГЗЗ к входу в реактор

Согласно [6] водный объем КД обладает акустической массой m_g и акустической податливостью c_g ; вода в трубопроводе обладает акустической массой m_T и акустической податливостью c_T ; паровой объем КД обладает акустической массой m_n и акустической податливостью c_n . Схема включения акустических масс и акустических податливостей представлена на рисунке 3.

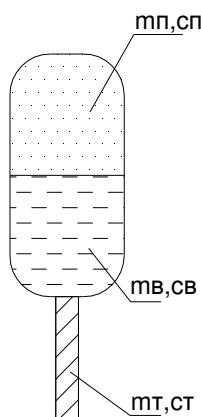


Рис. 3. – Акустическая модель КД

Акустические массы сред: $m_n = \frac{\rho_n \cdot l_n}{S_k}$; $m_B = \frac{\rho_B \cdot l_B}{S_k}$; $m_T = \frac{\rho_T \cdot l_T}{S_T}$

Акустические податливости сред: $c_n = \frac{S_k \cdot l_n}{\rho_n \cdot a_n^2}$; $c_B = \frac{S_k \cdot l_B}{\rho_B \cdot a_B^2}$; $c_T = \frac{S_T \cdot l_T}{\rho_T \cdot a_T^2}$

Результаты расчета частоты АСВ в КД для уровней воды $l_B = 5,1 \pm 1$ м в номинальном режиме приведены в таблице 1.

Алгоритм расчета параметров акустических элементов петли с компенсатором давления РУ «Дукованы» (ВВЭР – 440, В – 213).

Акустическая масса

$$m = \frac{\rho \cdot l}{S},$$

где ρ – плотность жидкости (газа) в оборудовании первого контура, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

l – длина (высота) жидкости (газа) в оборудовании первого контура, м;

S – площадь поперечного сечения участка трубопровода или оборудования первого контура, м^2 .

$$[m] = \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^4} \right]$$

Акустическая емкость

$$c = \frac{V}{\rho \cdot a^2} = \frac{l \cdot S}{\rho \cdot a^2}, \text{ где}$$

a – скорость звука в жидкости (газе), $\frac{\text{м}}{\text{с}}$

Таблица 1. – Результаты расчета в номинальном режиме частоты АСВ в КД для различных уровней воды

Уровень воды в КД, м	Уровень пара в КД, м	Частота АСВ воды (СЧКДВ), Гц	Частота АСВ пара (СЧКДП), Гц	Частота АСВ (СЧКД) в КД, Гц
4,1	6,09	28,9	12,0	4,850
4,5	5,69	26,3	12,8	4,789
5,1	5,09	23,2	14,3	4,756
5,5	4,69	21,5	15,5	4,771
6,1	4,09	19,4	17,8	4,851

Собственная частота колебания давления в жидкости (газе):

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{m \cdot c}}$$

Собственная частота колебания давления в трубопроводе с жидкостью:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{\rho \cdot l}{S} \cdot \frac{l \cdot S}{\rho \cdot a^2}}} = \frac{a}{2\pi \cdot l}, [\text{Гц}]$$

где a – скорость распространения ударной волны воды в трубопроводе [10]

$$a = \frac{1}{\sqrt{\rho \cdot \left(\frac{d_{\text{внутр}}}{E_m \delta} + \frac{1}{K_{\text{ж}}} \right)}} \\ K_{\text{ж}} = c_B^2 \cdot \rho [^*]$$

где $d_{\text{внутр}}$ – внутренний диаметр трубопровода, м;
 E_m – модуль упругости материала трубопровода, Па;
 δ – толщина стенки трубопровода, м;
 c_v – скорость звука в воде (газе), м/с;
 ρ – плотность жидкости (газа), кг/м³.

При расчете резонансной частоты состоящей из одного участка имеем:

$$f = \frac{a}{2\pi \cdot l}$$

Алгоритм расчета собственной частоты колебаний давления теплоносителя (СЧКДТ) при кипении в активной зоне реактора [12]:

$$f = \frac{a}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{\rho_{\text{ДФ}}}{\rho_{\text{В}}}} \cdot (L_{\text{В}} \cdot L_{\text{ДФ}})^{-0.5}$$

где $\rho_{\text{ДФ}}$ – плотность теплоносителя в двухфазной области;
 $\rho_{\text{В}}$ – плотность теплоносителя в однофазной области;
 $L_{\text{В}}$ – длина однофазного (экономайзерного) участка;
 $L_{\text{ДФ}}$ – длина двухфазного участка;
 a – скорость звука, f – СЧКД.

Использование этих методов позволяет определить частоту АСВ в различных режимах предусмотренных регламентом эксплуатации энергоблока. Например, на различных этапах в режимах «холодного» и «полугорячего» состояния при пуске энергоблока совпадают значения:

- частоты вращения насоса и частоты АСВ в участке трубопровода от холодного коллектора ПГ до ГЦН;
- двукратной оборотной частоты ГЦН с частотами АСВ в холодном и горячем коллекторах ПГ;
- двукратной частоты колебаний шахты реактора совместно с корпусом реактора с частотами АСВ теплоносителя в отводящем от КД трубопроводе, в подводящем к КД трубопроводе с частотами АСВ в водяном объеме КД.

Результаты расчета частоты АСВ в номинальном режиме представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Результаты расчёта частоты АСВ в номинальном режиме

Номер участка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Частота АСВ, Гц	16,8	41,1	64,6	22,7	16,9	6,8	23,2	14,3	6,5	36	35,2	17,3	40,8	19,9	53,7	34,5

В настоящее время на Нововоронежской АЭС успешно используется система контроля вибрации основного оборудования 1 контура SÜS, внедрены и используются в виде законченных программных продуктов результаты исследований, а именно: программа для автоматической отбраковки спектров; программа для автоматического выделения пиков в вибрационных спектрах [8]. Типичный вид спектра ДПД представлен на рисунке 4. Наличие основных пиков: пик оборотной частоты (24.625 Гц), низкочастотная составляющая (1 Гц.), два характерных только для ДПД пика (~6 Гц и ~8 Гц), образуемые двумя АСВ.

В одной из первых работ [7], посвященных измерениям и анализу шумовых сигналов в первом контуре АЭС Дукованы с ВВЭР-440, предпринята попытка

идентификация источников АСВ по результатам измерений. В работе высказано предположение, что одна из главных доминирующих частот стоячей волны давления, равная 6,6 Гц, может быть локализована в участке трубопровода, соединяющим ГЦН с парогенератором и корпусом реактора. АСВ.

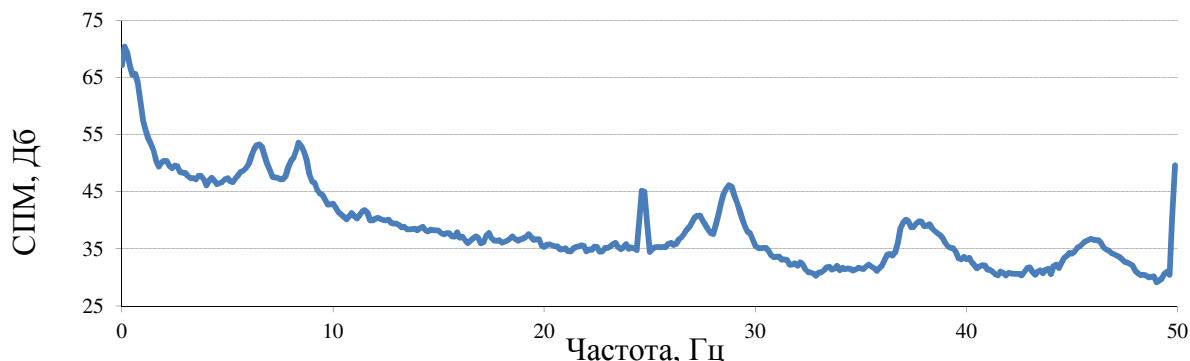


Рис. 4. – Типичный вид спектра ДПД 3 блока Нововоронежской АЭС

Применение разработанных методов и алгоритмов идентификации источников возникновения акустических стоячих волн в первом контуре АЭС с ВВЭР показывает, что источником возникновения этой АСВ является акустический контур образованный участками 16 и 1, показанными на рисунке 2.

Разработанные модели могут быть применены, как в условиях нормальной эксплуатации, так и в аварийных [11] режимах АЭС для решения следующих задач:

- разработки виброакустических паспортов реакторных установок;
- диагностирования и прогнозирования состояния оборудования;
- совершенствования управления технологическими процессами;
- обоснования конструкторских и проектных решений при выборе оборудования и компоновках систем теплоотвода от реактора;
- совершенствования компьютерных кодов.

В свою очередь решение этих задач позволит дать научное обоснование направлений модернизации и совершенствования проектно-конструкторских разработок, средств технической диагностики и систем управления технологическими процессами АЭС, а также уменьшить вероятность внезапных отказов оборудования. Выявления и устранение на ранней стадии причин аномальных вибраций основного оборудования дает большой экономический эффект т.к. приводит к сокращению объемов ремонтных работ и недовыработки энергии. Акустическая сертификация оборудования и теплоносителя необходима для совершенствования систем виброакустической диагностики и обнаружения на ранней стадии, возникающих аномалий в работе оборудования и технологическом процессе, идентификации аномалий и разработки систем управления колебательными и вибрационными процессами в оборудовании АЭС. Эти новые системы явятся важным дополнительным средством повышения безопасности, эффективности эксплуатации и срока службы, как действующих, так и проектируемых АЭС.

Разработанные методы и алгоритмы идентификации источников возникновения АСВ акустических стоячих волн в первых контурах АЭС с ВВЭР предназначены для использования в следующих актуальных тематических направлениях научных и проектных работ, которые должны найти отражением в работах отрасли:

- обоснование целостности основного оборудования новых РУ на срок службы до 60-80 лет, включая материаловедческое обеспечение;

- обоснование возможности продления эксплуатации действующих блоков сверх проектного срока службы;
- обоснование возможности прогнозирования и предотвращения виброакустических резонансов в оборудовании АЭС в маневренных и аварийных режимах, а также при воздействии ударных и сейсмических нагрузок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Proskuryakov K.N. Calculating Method of Coolant Resonant Frequencies Oscillation in Normal and Emergency Operating of NPP with WWER. Kernenergie, Vol. 3, 1983, p.102–104.
2. Проскуряков, К.Н. и др. Теоретическое определение частот собственных колебаний теплоносителя в первом контуре АЭС [Текст] / К.Н. Проскуряков, С.П. Стоянов, Г. Нидцбалла // МЭИ. – Вып. 407(1979). – С. 87–93.
3. Mullens A. etc. Understanding Pressure Dynamic Phenomena in PWRs for Surveillance and Diagnostic Applications, Proceeding of 5th Power Plant Dynamics, Controls and Testing / A. Mullens J. Thie. // Symposium University of Tennessee, Knoxville, March, 1983.
4. Grunwald G. etc. Investigation of Pressure Oscillation in PWR Primary Circuit» / G. Grunwald, K. Junghans, P. Liewers. Progress in Nuclear Energy, 15(1985), p. 651–659.
5. Nagy I. etc. Theoretical Investigation of the Low-Frequency Pressure Fluctuation in PWRs / I. Nagy, T. Katona. Progress in Nuclear Energy ,15(1985), p. 671.
6. Проскуряков, К.Н. Теплогидравлическое возбуждение колебаний теплоносителя во внутрикорпусных устройствах ЯЭУ [Текст] / К.Н. Проскуряков. – М.: МЭИ, 1984. – 67 с.
7. Runkel J. etc. Results of Noise Analysis in the WWER 440 – Type Nuclear Power Plant Dukovany / J. Runkel, D. Stegemann, J. Fiedler , P. Hrosso, S. Figeby , J. Sad Пек, J. Hulfn // Proceedings of SMORN VII, Avignon, France, June 19–23, 1995, NEA OECD Vol. 1, p. 78–86.
8. Слепов, М.Т. Разработка методов и интерпретация данных применительно к системам шумовой диагностики реакторных установок Нововоронежской АЭС [Текст] / М.Т. Слепов : автореф. дисс. канд. техн. наук. – Обнинск, 1999.
9. Хайретдинов, В.У. и др. Экспериментально-расчетное обоснование вибропрочности реакторного оборудования АЭС «Дукованы» при эксплуатации ВВЭР-440 на повышенной мощности [Текст] / В.У. Хайретдинов, В.В. Тарханов, В.В. Абрамов // Материалы V Междунар. науч.-техн. конф. «Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР», 29 мая – 1 июня 2007. – Подольск. 2007.
10. Жуковский, Н.Е. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах [Текст] / Н.Е. Жуковский. – М.-Л.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1949. – 108 с.
11. Proskuryakov K.N. Early Boiling Detection Method of Pre-or Post-Accident Situation on WWER and RBMK. SMORN VII, Avignon, France, 19-23 June 1995. NEA OECD Vol. 1, p. 426-434.

REFERENCES

- [1] Proskuryakov K.N. Calculating Method of Coolant Resonant Frequencies Oscillation in Normal and Emergency Operating of NPP with WWER. Kernenergie, Vol. 3, 1983, ISSN 1431-5254, p. 102–104. (in English)
- [2] Proskuryakov K.N., Stoyanov S.P., Nidcballa G. Teoreticheskoe opredelenie chastot sobstvennykh kolebanij teponositelya v pervom konture AES [Theoretical determination of frequencies of own fluctuations of the heat carrier in the first contour of the NPP]. Moskovskij energeticheskij institut [MPEI], Vol. 407(1979), ISSN 1993-6982, p. 87–93. (in Russian)
- [3] Mullens A. etc. Understanding Pressure Dynamic Phenomena in PWRs for Surveillance and Diagnostic Applications, Proceeding of 5th Power Plant Dynamics, Controls and Testing / A. Mullens J. Thie. // Symposium University of Tennessee, Knoxville, March, 1983. (in English)
- [4] Grunwald G. etc. Investigation of Pressure Oscillation in PWR Primary Circuit» / G. Grunwald, K. Junghans, P. Liewers. Progress in Nuclear Energy, 15(1985), ISSN 0149-1970, p. 651–659. (in English)
- [5] Nagy I. etc. Theoretical Investigation of the Low-Frequency Pressure Fluctuation in PWRs / I. Nagy, T. Katona. Progress in Nuclear Energy ,15(1985), ISSN 0149-1970, p. 671. (in English)
- [6] Proskuryakov K.N. Teplogidravlichesкое возбуждение колебаний теплоносителя во внутрикорпусных устройствах ЯЭУ [Heathdraulic initiation of fluctuations of the heat carrier in the YaEU intra case devices]. М.: МЭИ [MPEI], 1984, 67 p. (in Russian)

- [7] Runkel J. etc. **Results of Noise Analysis in the WWER 440 – Type Nuclear Power Plant Dukovany** / J. Runkel, D. Stegemann, J. Fiedler, P. Hrosso, S. Fignedy, J. Sad Пек, J. Hulfn // Proceedings of SMORN VII, Avignon, France, June 19–23, 1995, NEA OECD Vol. 1, p. 78–86. (in English)
- [8] Slepov M.T. Razrabotka metodov i interpretaciya dannyh primenitelno k sistemam shumovoj diagnostiki reaktornyx ustanovok Novovoronezhskoj AES [Development of methods and interpretation of data in relation to systems of noise diagnostics of reactor installations of the New Voronezh NPP] : avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata texnicheskix nauk [thesis abstract of PhD in Technical Sciences]. – Obninsk, 1999. (in Russian)
- [9] Xajretdinov V.U., Tarxanov V.V., Abramov V.V. Eksperimentalno-raschetnoe obosnovanie vibroprochnosti reaktornogo oborudovaniya AES «Dukovany» pri ekspluatatsii VVER-440 na povyshennoj moshhnosti [Experimental and settlement justification of vibration strength of the reactor equipment of the NPP of "Dukovana" at operation of WWER-440 at the increased power]. Materialy V Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii «Obespechenie bezopasnosti AES s VVER», 29 maya – 1 iyunya 2007 [Materials of the V International scientific and technical conference "Safety of the NPP with WWER", on May 29 – on June 1, 2007]. Podolsk, 2007. (in Russian)
- [10] Zhukovskij N.E. O gidravlicheskom udare v vodoprovodnyh trubah [About a water hammer in water pipes [Text] / N. E. Zhukovsky]. M., Leningrad. Pub. Gosudarstvennoe izdatelstvo tekhniko-teoreticheskoy literatury [State publishing house of technical and theoretical literature], 1949, 108 p. (in Russian)
- [11] Proskuryakov K.N. Early Boiling Detection Method OF Pre-or Post-Accident Situation on WWER and RBMK. SMORN VII, Avignon, France, 19-23 June 1995. NEA OECD Vol. 1, p. 426–434. (in English)

Methods and Algorithms Identification of Sources Acoustic Standing Wave in the Primary Circuit of NPP with WWER-440

K.N. Proskuryakov*, A.I. Fedorov, M.V. Zaporozhets*,
A.A. Dyatlovsky*, V.A. Huseynov***

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

*** Novovoronezh NPP the branch of JSC Rosenergoatom Concern, Novovoronezh, Russia 396072*

¹ e-mail: ProskuriakovKN@mpei.ru

Abstract - The accident at the Japanese nuclear power plant Fukushima Daiichi, which occurred as a result of the earthquake in 2011, has led to an understanding of the need for more stringent requirements imposed on the providing of seismic stability and to the justification of the possibility of extending the service life of nuclear power plants.

Under these conditions, it becomes more urgent realizing the benefits and encouraging the further development of processes and research of vibration -acoustic resonances in nuclear power plants that have been worked out in the NRU "MPEI" in recent decades for safety, seismic stability and competitiveness of domestic nuclear power plants

A number of published results that worked out for the first time in the world in the NRU "MPEI" and up to the moment hitherto unparalleled are included in the global scientific database World Wide Science. org as a key global research results.

The paper presents the developed and verified methods and algorithms for calculating the frequency of acoustic standing waves and identifying the sources of their occurrence. The main current direction of research and design works, in which the results could be applied are indicated.

Keywords: standing waves, vibration, vibro-acoustic response, NPP.

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

УДК 681.518.5

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВИБРАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ САЭС

© 2015 г. С.В. Василенко, Ю.Н. Елжов, О.Ю. Пугачева

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

Расширение объема контроля технического состояния оборудования АЭС позволяет оптимизировать сроки ремонта и сократить затраты на его проведение, повышает общую эксплуатационную безопасность реакторных установок. Работы в этом направлении уже на протяжении длительного времени ведутся в НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ.

В работе содержится краткое описание автоматизированной системы вибрационного контроля, разработанной НИИ АЭМ и внедренной на энергоблоке №2 Смоленской АЭС.

Ключевые слова: насос, вибрация, датчик, система.

Поступила в редакцию 05.05.2015

В течение 2013-2014 годов в НИИ атомного энергетического машиностроения ВИТИ НИЯУ МИФИ была спроектирована, реализована и введена в эксплуатацию на Смоленской АЭС система виброакустического контроля (СВК) насосных агрегатов КО СУЗ. Тем самым было поставлено под постоянный контроль состояние одной из важных для безопасности систем САЭС – насосов контура охлаждения системы управления и защиты (НКО СУЗ). Следует отметить, что проектом РУ с РБМК-1000 наличие штатных средств параметрического контроля НКО СУЗ (датчиков расхода, давления, температуры среды) не предусмотрено.

ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ

Система охлаждения СУЗ РУ с РБМК-1000 включает в себя четыре насосных агрегата, два из которых постоянно находятся в работе, а два других – в резерве/ремонте. Каждый насосный агрегат занимает отдельное помещение (008/4-008/6, 008/8) и состоит из двух компонент:

1) насос 8НДВ-Х, центробежный, горизонтальный, высоконапорный, для агрессивных сред, частота вращения 1450 мин^{-1} , диаметр напорного патрубка 200 мм. Вал насоса имеет два подшипника – радиальный (со стороны привода) и радиально-упорный с противоположной стороны;

2) электродвигатель АО 4-355Х-4У2, асинхронный, мощностью 250 кВт.

Ввиду большой удаленности места оператора системы от объектов контроля система разрабатывалась как многоуровневая.

Первый уровень системы включает в себя первичные преобразователи (датчики) и устройства формирования сигнала (вторичные преобразователи), размещенные в помещениях насосных агрегатов. В качестве датчиков вибрации выбраны однокомпонентные датчики виброскорости AV04 (ООО «ГлобалТест») с магнитными креплениями (рисунок 1б). На каждом насосном агрегате размещается 8 таких датчиков (5 – в районе подшипниковых опор насоса, 3 – в районе подшипников

электродвигателя) и 1 вихретоковый датчик вращения с трансмиттером.

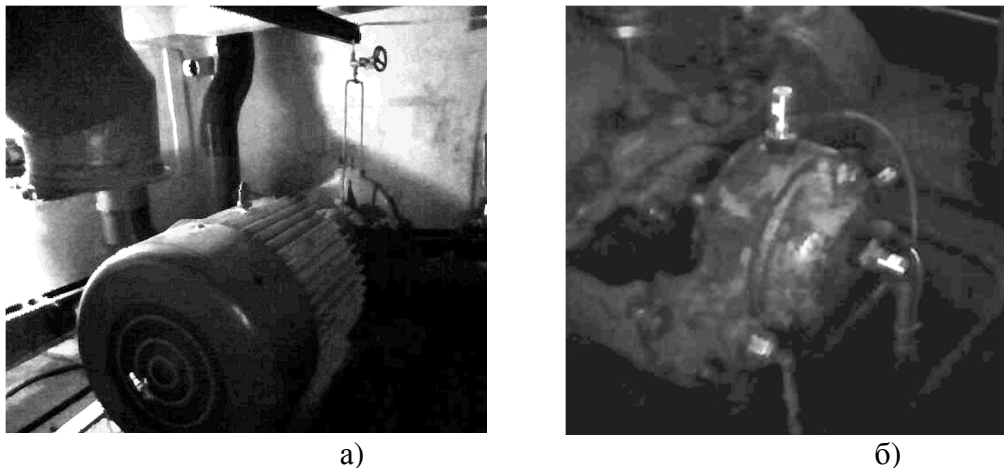


Рис. 1. – Объект контроля: а) общий вид агрегата со стороны привода; б) установка датчиков вибрации на радиально-упорном подшипнике насоса

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ

Второй уровень СВК включает в себя аппаратно-программные средства регистрации и первичной обработки сигналов датчиков. Основой этого уровня является программируемый контроллер NI PXIe-8840 с модулями ввода аналоговых сигналов фирмы National Instruments. Программное обеспечение разработано в среде графического проектирования LabVIEW. Выбор данной платформы обусловлен наличием в среде LabVIEW готовых виртуальных приборов, реализующих функции сбора, обработки, передачи и отображения данных, что позволило существенно сократить сроки разработки системы в целом. Немаловажную роль сыграл и высокий уровень поддержки разработчиков приложений в этой среде со стороны регионального представительства National Instruments в ЮФО РФ (г. Ростов-на-Дону).

Физически аппаратура второго уровня размещается в стойке, находящейся в нескольких десятках метров от помещений насосных агрегатов, с которыми она соединена сигнальными кабелями.

Третий уровень СВК представляет собой рабочее место оператора системы, размещенное в помещении реакторного цеха 401/12. Основу рабочего места составляет ноутбук, соединенный с контроллером в стойке с помощью витой пары 6 категории и обменивающийся с ним данными по Ethernet-протоколу. На этом уровне осуществляется полная обработка поступающих с контроллера сигналов и отображения состояния насосных агрегатов. Здесь опять проявились преимущества выбранного инструментального средства – сетевой обмен данными в среде LabVIEW был реализован быстро и работал надежно.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ

Система позволяет контролировать уровень вибрации насосов и электродвигателей КО СУЗ, выдавать предупреждения о превышении нормативных значений этих уровней, отображать вибросигналы, их спектры, хранить результаты контроля в информационной базе, анализировать динамику изменения диагностических параметров и характеристик.

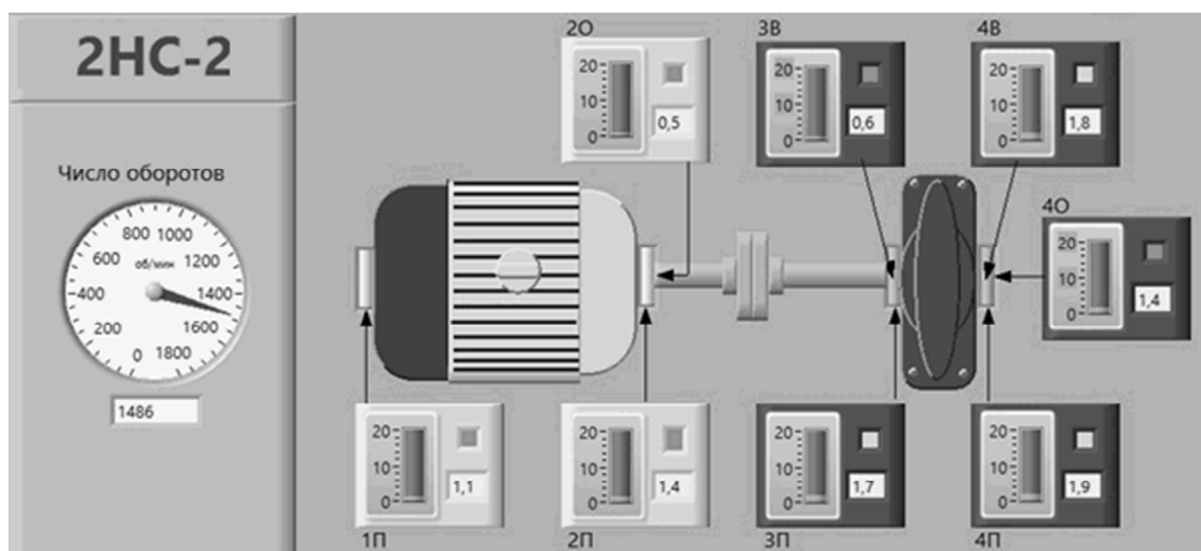


Рис. 2. – Фрагмент экранной формы приложения в режиме контроля вибрации насосного агрегата №2

Основной режим работы – постоянный автоматический *контроль* за уровнем среднеквадратического значения виброскорости (рисунок 2) в местах установки вибродатчиков с выдачей визуального и звукового предупреждения в случае превышения нормативных уровней вибрации (уровни ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ и ОСТАНОВ согласно [1]).

Режим *мониторинга* предназначен для более детального анализа технического состояния насосных агрегатов путем визуального контроля формы вибросигналов и их спектров, контроля динамики изменения диагностических параметров (тренда) в выбранной точке измерений. Отображаемые данные могут быть сохранены в информационной базе и просмотрены затем в режиме «Архив».

СЛОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ

В процессе выполнения монтажа и пусконаладочных работ подобных систем, как правило, возникает множество технических сложностей, которые невозможно предусмотреть в проекте.

Так оказалось, что найти разъемы для витой пары 6 категории – непростая задача, решить которую можно лишь в крупных городах, например, Москве или Смоленске. Найдя разъемы, еще сложнее оказывается их «обжать» – нужен специальный инструмент. Однако подобные проблемы оказались не самыми сложными. Разработчики системы столкнулись с тем, что официально заявленные поставщиком характеристики оборудования могут не соответствовать действительности. В результате приобретенные за большие деньги датчики ООО «ГлобалТест» «не захотели» работать с модулями ввода данных NI, и для решения этой проблемы пришлось использовать дополнительное нестандартное оборудование.

Но самая сложная техническая проблема была связана с установкой датчиков вращения. Вихретоковые датчики, предусмотренные проектом, подписанным, в том числе, заказчиком, требовали наличия проточек на валах насосов. Владелец насосов – реакторный цех САЭС, категорически отказался делать их, мотивируя это нарушением балансировки валов и необходимостью согласования этой процедуры с изготовителем оборудования. Был найден следующий нестандартный выход: датчики были направлены на выступающие шпильки болтов, стягивающих полумуфты валов электродвигателя и насоса. Подбором коэффициентов счета импульсов удалось

добиться достоверных показаний числа оборотов насосов. Однако после нескольких пусков-остановов насосных агрегатов у двух датчиков были сорваны головки. Предположительной причиной явилось то, что в момент пуска 250-киловаттного двигателя деформации в области соединения валов электродвигателя и насоса «выбирали» требуемый по документации зазор в 1.5 мм между головкой датчика и шпильками. Таким образом, данная ситуация возвращает к необходимости выполнить проточки, причем в наименее деформируемых местах вала – вблизи подшипниковых опор. До решения этого вопроса функция измерения числа оборотов вала была реализована в системе программно, с использованием виртуального прибора Peak Search [2]. Этот прибор устанавливался на один из каналов измерения вибрации и отслеживал наличие в спектре сигнала пика заданного уровня вблизи оборотной частоты вала насоса (около 25 Гц). Опыт нескольких месяцев эксплуатации системы показал, что этот метод работает достаточно точно и надежно, обрабатывая все колебания вблизи номинальной частоты вращения.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Данное направление работ на САЭС имеет следующие варианты развития:

- расширение возможностей системы путем введения датчиков температуры подшипниковых зон, что обычно имеет место в подобных системах, но не было реализовано из-за ограниченного бюджета договора. Используемые в системе модули ввода NI PXe-4497 имеют необходимые для этого специализированные каналы измерения температуры;

- создание и внедрение аналогичных систем на энергоблоки №1 и №3 САЭС;
- внедрение в систему элементов диагностики насосных агрегатов. НИИ АЭМ ведет работы по разработке методик диагностики вращающихся электроприводных механизмов [3], и СВК может стать источником экспериментальных данных в рамках договора о послегарантийном обслуживании системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ ИСО 10816-3-2002. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 3. Промышленные машины номинальной мощностью более 15 кВт и номинальной скоростью от 120 до 15000 мин⁻¹ [Текст]. – М.: Стандартиформ, 2007. – 11 с.
2. Федосов, В.П. Цифровая обработка звуковых и вибросигналов в LabVIEW [Текст] / В.П. Федосов. – М.: ДМК-Пресс, 2010. – 1296 с.
3. Василенко, С.В. и др. Методическое обеспечение процесса диагностики вращающихся электроприводных механизмов [Текст] / С.В. Василенко, Ю.Н. Елзов, В.Н. Никифоров, О.Ю. Пугачева // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2014. – №4. – С. 33–36.

REFERENCES

- [1] GOST ISO 10816-3-2002 [State Standart ISO 10816-3-2002]. Kontrol' sostojanija mashin po rezul'tatam izmerenij vibracii na nevrashhajushhikh chastjakh [Control of a machine condition by results of measurements on unrotative parts vibration.]. Chast' 3 [Part 3]. Promyshlennye mashiny nominal'noj moshhnost'ju bolee 15 kVt i nominal'noj skorost'ju ot 120 do 15000 min⁻¹ [Industrial machines with a rated power more than 15 kW and with a rated speed from 120 to 15000 min⁻¹]. M. Pub. "Standartinform-1" [Standartinform]. 2007, 11 p. (in Russian)
- [2] Fedosov V.P. Tsifrovaja obrabotka zvukovykh i vibrosignalov v LabVIEW [Digital processing sound and vibrosignals in LabVIEW]. M. Pub. "DMK-Press" [DMK-Press], 2010, ISBN 978-5-94074-600-3, 1296 p. (in Russian)
- [3] Vasilenko S.V., Elzhov Yu.N., Nikiforov V.N., Pugacheva O.Yu. Metodicheskoe obespechenie processa diagnostiki vrashhayushhixsya e'lektroprivodnyx mexanizmov [Methodological support of

process of diagnostics of the rotating electrodriving mechanisms] E'lektrotexnicheskie komplekсы i sistemy upravleniya [Electrotechnical complexes and control systems], 2014, №4, ISSN 1990-5246, p. 33–36. (in Russian)

Automated System of Vibration Monitoring of SNPP Equipment

S.V. Vasilenko, Yu.N. Elzhov, O.Yu. Pugacheva

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

Abstract – Expansion of technical monitoring of nuclear power plant equipment allows to optimize repair time and reduce costs for its holding, increases the overall operational safety of reactor facilities. Works in this direction are conducting already out for a long time in the SRI NPE VETI NRNU MEPhI.

In the paper provides a brief description of the automated system of vibration monitoring, developed by Scientific Research Institute "Nuclear Power Engineering" and implemented at the Unit №2 of Smolensk NPP.

Keywords: pump, vibration, sensor, system.

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

УДК 621.0

**ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА
ДЛЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЭНЕРГОМАШИНОСТРОЕНИЯ**

© 2015 г. Н.Н. Подрезов, П.А. Гунин, А.С. Ильясова

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

Рассматриваются вопросы подготовки персонала и инженерных кадров при компетентностном подходе и наличии персонала для обучения. Профессиональные стандарты призваны устранить разрыв между образованием и требованиями работодателя.

Ключевые слова: технические компетенции, информационные технологии, компетентностный подход к обучению, инструктор, профессиональный стандарт.

Поступила в редакцию 10.05.2015

При подготовке персонала по проведению диагностического мониторинга электроприводного оборудования АЭС большое значение имеет информационное обеспечение персонала АЭС электронной технической документацией и электронной ремонтной документацией в форме интерактивных электронных технических руководств на наиболее важные единицы оборудования. Интерактивная электронная документация предназначена для использования как на персональных компьютерах (десктопы, ноутбуки), так и на планшетах третьего поколения («планшеты 3.0»), для оперативного варианта использования электронной информации ремонтным персоналом.

Одновременно требуется проводить подготовку инженерных кадров для атомной отрасли в обновленном формате образования в рамках компетентностного подхода:

- углубленная профессиональная подготовка;
- профессиональная производственная практика;
- интеграция образовательного процесса с научной и инновационной деятельностью;
- формирование компетенций для работы с современными информационными технологиями;

В отсутствие необходимых компетенций существуют определенные проблемы обеспечения надежной работы персонала:

- а) несогласованность образовательных стандартов и требований к квалификации выпускников ВУЗов;
- б) акцент делается на технические и административные решения в повышении надежности;
- в) использование кадровых технологий в отрыве от специфических требований энергомашиностроения;

Поэтому, в настоящее время при подготовке персонала для АЭС и при организации обучения персонала АЭС основное внимание должно уделяться техническим компетенциям.

Компетенции обеспечиваются за счет: носителей компетенций, инфраструктуры,

стандартов и нормативных документов, организации процессов обучения. Все эти меры при применении системного подхода к обучению являются важными для формирования конкурентных преимуществ компаний. Ключевой персонал профессионального обучения это человеческий ресурс – инструктор (таблица 1).

Таблица 1. – Ключевой персонал профессионального обучения – инструктор

Подготовленный	Неподготовленный
1. Владеет основами (методологией) обучения, а также способами передачи знаний и формирования умений; 2. Не учит лишнему, но и ничего не упускает, акцент делает на трудных и важных задачах, что сокращает время на подготовку; 3. Знает особенности взрослых обучаемых и учитывает их для эффективного достижения учебных целей; 4. Учитывает опыт различных систем обучения.	1. Действует преимущественно методом «проб и ошибок», используя личный опыт. 2. Учит тому, что сам считает важным, может упустить необходимые знания и умения. 3. Может не понимать особенности обучаемых, что приводит к трудностям во взаимодействии с ними.
Подготовка проводится эффективно и качественно с оптимальными усилиями	Качество подготовки зависит от субъективных и личностных особенностей инструктора

Важнейшее значение имеют подходы к обучению в системе ВПО и СПО: методы и условия обучения, квалификация преподавателей, программы обучения – все это влияет на качество профессиональной подготовки персонала и, в конечном итоге, на безопасность объектов.

Схема применения компетентностного подхода в обучении в ВПО и СПО на основе анализа и планирования приведена на рисунке 1.

Требования к квалификации и оценки персонала при контроле и диагностике машин применительно к учебным организациям и процессу обучения регламентирует ГОСТ Р ИСО 18436-3-2011.

По ГОСТ Р ИСО 18436-3-2011. Учебная организация должна удовлетворять следующим требованиям:

а) располагать необходимыми техническими, образовательными и финансовыми ресурсами для проведения обучения согласно соответствующей части ИСО 18436;

б) располагать необходимыми административными ресурсами для организации обучения и реализации учебных программ;

в) проводить обучение, целью которого является подтверждение квалификации персонала согласно соответствующей части ИСО 18436, не связанное с продвижением каких-либо коммерческих продуктов или услуг;

В качестве руководящего документа при подготовке специалистов для атомной промышленности используются профессиональные стандарты. НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ разработал следующие профессиональные стандарты по специальностям:

- 1) Оператор реакторного отделения;
- 2) Машинист-обходчик по турбинному оборудованию;
- 3) Монтажник оборудования атомных электростанций;
- 4) Слесарь по обслуживанию оборудования электростанции;

- 5) Оператор транспортно-технологического оборудования реакторного отделения;
- 6) Оператор спецводоочистки в атомной энергетике;
- 7) Машинист котлов в атомной энергетике;
- 8) Специалист УТП атомной станции;
- 9) Специалист по обслуживанию и ремонту механического оборудования атомных станций;
- 10) Специалист по производственно-технологической комплектации на атомных станциях;
- 11) Специалист в области теплоэнергетики (реакторное отделение);
- 12) Инженер в области организации строительства и осуществления строительного контроля, реконструкции и демонтажа на радиационно-опасных объектах;
- 13) Техник по промышленному строительству в области демонтажа радиационно-опасных объектов.



Рис. 1. – Планирование ВПО и СПО при компетентностной модели обучения

Профессиональные стандарты – минимально необходимые квалификационные требования к профессии. Они призваны для устранения разрыва между компетентностным образованием выпускника ВПО или СПО и квалификационными требованиями работодателей в атомной энергетике и энергомашиностроении.

Таким образом, профессиональные стандарты призваны обеспечить

необходимые элементы подготовки персонала к производственной деятельности в энергомашиностроении.

К настоящему времени создаются объективные предпосылки для запуска процедур информатизации специализированных служб и подразделений, обеспечивающих технологическую подготовку и информационное обеспечение ремонта тепломеханического оборудования АЭС. В НИИ АЭМ выполняются работы по созданию информационного обеспечения для АСТП (автоматизированная система технологической подготовки) ремонта и диагностики тепломеханического оборудования АЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Национальная рамка квалификаций Российской Федерации [Текст] / О.Ф. Батрова, В.И. Блинов, И.А. Волошина [и др.] □: рекомендации. – М.: Федеральный институт развития образования, 2008. – 14 с.
2. Проект отраслевой рамки квалификации атомной энергетики на основе проекта Национальной рамки квалификации России [Электронный ресурс]. – М., 2012. – Режим доступа: URL: <http://www.rosminzdrav.ru> – 05.05.2015
3. Диагностическое сопровождение ремонтных компаний АЭС [Текст] / Н.Н. Подрезов, В.Н. Никифоров, О.Ю. Пугачева, А.Г. Крупский, В.П. Поваров // Современные технологии, оборудование, техническое оснащение и подготовка персонала для ремонтных работ в атомной энергетике: материалы конференции. – Нововоронеж, 2013.
4. Информационное обеспечение ремонтных технологий тепломеханического оборудования АЭС [Текст] / Н.Н. Подрезов, В.Н. Никифоров, О.Ю. Пугачева, А.Г. Крупский, В.П. Поваров и др. // Современные технологии, оборудование, техническое оснащение и подготовка персонала для ремонтных работ в атомной энергетике: материалы конференции. – Нововоронеж, 2013.
5. Подрезов, Н.Н. Учебная программа стажировки программы повышения квалификации «Культура безопасности при эксплуатации АЭС» / Уч. изд. ВИТИ НИЯУ МИФИ. – Волгодонск: ВИТИ НИЯУ МИФИ, 2013.
6. ГОСТ Р ИСО 18436-3—2011. Контроль состояния и диагностика машин. Требования к квалификации и оценки персонала. Часть 3. Требования к учебным организациям и процессу обучения [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2012. – 16 с.
7. Доклад Негосударственного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Центральный институт повышения квалификации Госкорпорации «Росатом» [Электронный ресурс]: сетевой журн. – Режим доступа: URL: <http://www.scicet.ru> – 05.05.2015.

REFERENCES

- [1] Batrova O.F., Blinov V.I., Voloshina I.A. etc. Nacionalnaya ramka kvalifikacij Rossijskoj Federacii [National frame of qualifications of the Russian Federation]: rekomendatsii [перевод]. М. Pub. Federalnyj institut razvitiya obrazovaniya [recommendations], 2008, ISBN 978-5-85630-021-4, 14 p. (in Russian)
- [2] Proekt otraslevoj ramki kvalifikacii atomnoj energetiki na osnove proekta Nacionalnoj ramki kvalifikacii Rossii [The project of a branch frame of qualification of nuclear power on the basis of the project of the National frame of qualification of Russia]. Available at: <http://www.rosminzdrav.ru> (in Russian)
- [3] Podrezov N.N., Nikiforov V.N., Pugacheva O.Yu., Krupskij A.G., Povarov V.P. Diagnosticheskoe soprovozhdenie remontnyx kompanij AES [Diagnostic support of the NPPs repair companies]. Sovremennye tekhnologii, oborudovanie, texnicheskoe osnashhenie i podgotovka personala dlya remontnyx rabot v atomnoj energetike: materialy konferencii [Modern technologies, the equipment, hardware and preparation of the personnel for repair work in nuclear power: conference materials]. Novovoronezh, 2013. (in Russian)
- [4] Podrezov N.N., Nikiforov V.N., Pugacheva O.Yu., Krupskij A.G., Povarov V.P. etc. Informacionnoe obespechenie remontnyx tekhnologij teplomexanicheskogo oborudovaniya AES [Information support of repair technologies of the heatmechanical equipment of the NPP].

- Sovremennye tekhnologii, oborudovanie, texnicheskoe osnashhenie i podgotovka personala dlya remontnyx rabot v atomnoj energetike: materialy konferencii [Modern technologies, the equipment, hardware and preparation of the personnel for repair work in nuclear power: conference materials]. Novovoronezh, 2013. (in Russian)
- [5] Podrezov N.N. Uchebnaya programma stazhirovki programmy povysheniya kvalifikacii «Kultura bezopasnosti pri ekspluatatsii AES» [The training program of training of the program of professional development "Culture of safety at operation of the NPP"] / Uch. izd. VITI NIYaU MIFI [VITI NRNU MEPhI educational publishing house]. Volgodonsk. Pub. VITI NIYaU MIFI [VITI NRNU MEPhI], 2013. (in Russian)
- [6] GOST R ISO 18436-3—2011. Kontrol sostoyaniya i diagnostika mashin. Trebovaniya k kvalifikacii i ocenki personala [State Standarts P ISO 18436-3 — 2011. Control of a state and diagnostics of cars. Requirements to qualification and performance appraisal.. Chast 3 [Part 3]. Trebovaniya k uchebnym organizatsiyam i processu obucheniya [Requirements to the educational organizations and process of training]. M. Pub. Standartinform [Standartinform], 2012, 16 p. (in Russian)
- [7] Doklad Negosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya dopolnitel'nogo professionalnogo obrazovaniya «Central'nyj institut povysheniya kvalifikacii Goskorporacii «Rosatom» [Report of Non-state educational institution of additional professional education "Central institute of professional development of Rosatom State corporation]. Available at: <http://www.scicet.ru> (in Russian)

Personnel Qualification Requirements for Diagnostic Monitoring at the Power Plant Engineering Enterprises

N.N. Podrezov, P.A. Gunin, A.S. Ilyasova

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

Abstract – Questions of preparation of the engineering personnel at competence approach and presence of the personnel for training are considered. Professional standards are urged to eliminate a gap between education and requirements of the employer.

Keywords: technical competence, information technology, competence approach to learning, instructor, professional standard.

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕКТОВ
АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

УДК 681.3:681.5.017

**МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ
ШУНТИРУЮЩЕГО РЕАКТОРА С ПРИМЕНЕНИЕМ
МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ АППАРАТУРЫ НА ОРУ 500 кВ
РОСТОВСКОЙ АЭС**

© 2015 г. С.А. Баран, Е.С. Беляева

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

В статье рассмотрено техническое перевооружение автоматики системы контроля и управления пожарной защитой шунтирующего реактора РОМБСМ-60000/500 У1, расположенного на линии 500 кВ Ростовская АЭС – Будённовск. Анализ данной системы осуществляется с рассмотрения его верхнего и нижнего уровня. Особое внимание уделяется нижнему уровню, который представлен прибором на микропроцессорной базе – ППКП-01Ф. Для микропроцессорного контроллера ППКП-01Ф составлено задание на выдачу сигнала о неисправности самого контроллера и связанных с ним систем.

Ключевые слова: микропроцессорные реле, система автоматического пожаротушения, программно-технические средства, логический контроллер, программное обеспечение, рабочая программа.

Поступила в редакцию 24.06.2015 г.

На данном этапе развития электроэнергетики возникает необходимость замены морально устаревшего оборудования на электростанциях. Первостепенное внимание в данном вопросе отдаётся системам, отвечающим за безопасность. Одной из которых является система автоматического пожаротушения такого опасного объекта как шунтирующий реактор РОМБСМ-60000/500 У1 (рис .1), установленного на линии 500 кВ РоАЭС. Опасность данного объекта заключается в том, что в качестве дугогасящей среды применяется трансформаторное масло, возгорание которого может привести к серьёзной аварии.

Система автоматического пожаротушения (САПТ) шунтирующего реактора служит для обнаружения, локализации и тушения пожара на защищаемом объекте. В САПТ выделяют технологическую часть и автоматику пожаротушения. Технологическая часть, выполненная из водопитателя (пожарный насос), системы трубопроводов и дренчерных оросителей. Дренчерные установки служат для тушения пожара по всей защищаемой площади, путем создания водяных завес.

Запуск установки пожаротушения осуществляется автоматикой пожаротушения. Даная автоматика выполнена на основе электромагнитных реле.

Сигналом на включение автоматики пожаротушения является одновременное действие двух защит шунтирующего реактора – дифференциальной и газовой. После чего срабатывают реле пуска САПТ замыкая свои контакты в цепях сигнализации и цепях контроля отсутствия напряжения. Реле контроля отсутствия напряжения замыкают контакты в цепях на закрытие отсечного клапана, открытия задвижки и пуск пожарных насосов. В случае отказа автоматики, пуск можно осуществить с ЦЩУ и по месту.

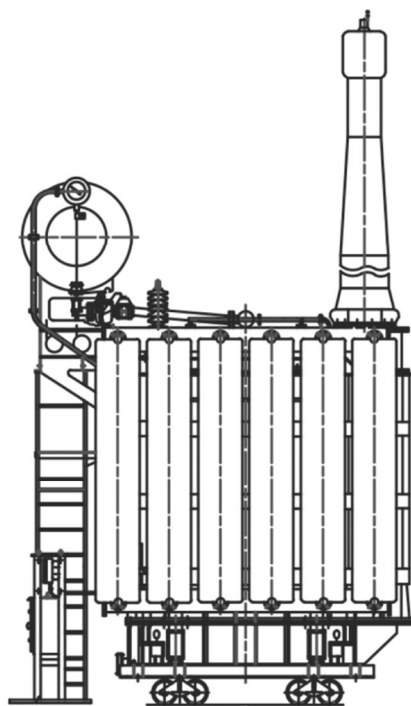


Рис. 1. – Шунтирующий реактор РОМБСМ-60000/500 У1

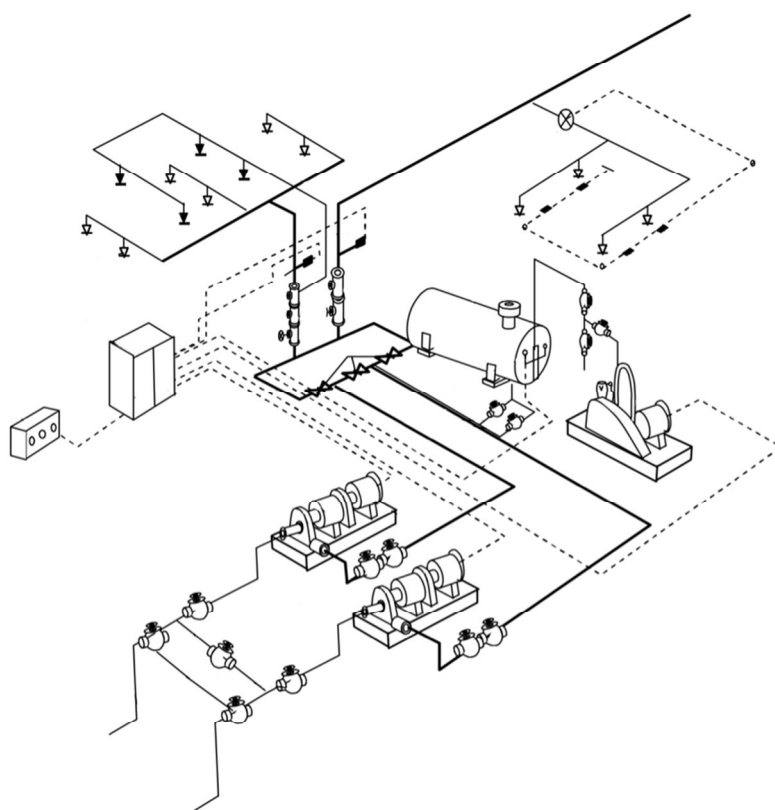


Рис. 2. – Принципиальная схема дренажной установки водяного пожаротушения

Для того чтобы поддерживать автоматику пожаротушения на должном уровне, следует выполнить её техническое перевооружение, так как срок службы электромагнитных реле на РоАЭС достигает предельного значения (около 15 лет). В

настоящий момент, покупать новое или ремонтировать старое электромагнитное реле, будет весьма проблематично, ведь на рынке электрооборудования почти не осталось изготовителей как деталей, необходимых для выполнения ремонта, так и самих электромагнитных реле. Альтернативой, в решении данного вопроса, является внедрение новой автоматики на основе микропроцессорных терминалов.

На РоАЭС предлагается установить систему контроля и управления пожарной защитой (СКУ ПЗ) на основе микропроцессорных терминалов, предназначенную для контроля противопожарного состояния, обнаружения и тушения пожара объектов, содержащих оборудование систем, важных для безопасности и нормальной эксплуатации системы. СКУ ПЗ представлена верхним и нижним уровнями управления.

Основным компонентом верхнего уровня является комплект специального оборудования (КСО). КСО представляет собой прибор, построенный на базе промышленного компьютера, предназначенный для выполнения функции, контрольно-управляющей станцией противопожарного мониторинга (рис. 3) с монитором отображения информации, клавиатурой и манипулятором типа «мышь» для дистанционного управления установками пожаротушения, с установленным программным обеспечением по контролю, управлению и диагностике процессов и оборудования противопожарной защиты объекта.



Рис. 3. – Станция противопожарного мониторинга

Нижним, другими словами – технологическим, уровнем управления СКУ ПЗ являются логические контроллеры ППКП-01Ф (ЗНВ76F01 и ЗНВ76F02).

Приборы ППКП-01Ф (рис.4) обеспечивают приём и обработку сигналов автоматического и дистанционного пуска системы пожаротушения реакторов через модули контроля.

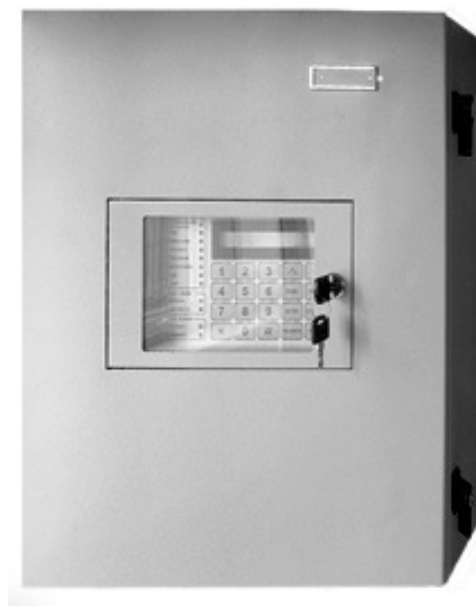


Рис. 4. – Контроллер ППКП-01Ф

Варианты исполнения отличаются составом модулей, установленных в приборах и программой работы, что определяет:

- количество и тип обрабатываемых входных и формируемых выходных (управляющих) сигналов;
- тактику работы (алгоритмы контроля состояния объектов, сигнализации и управления внешними исполнительными устройствами).

Приборы ЗНВ76F01, ЗНВ76F02 устанавливаются в помещении 102 (коридор) здания БВС-1 и выполняют:

- мониторинг состояния модулей контроля в шлейфах противопожарной автоматики;
- выдачу сигналов типа «сухой контакт» в шкаф распределительный ШР-01Ф-05 для включения насосов, открытия задвижек, закрытия отсечных клапанов;
- контроль входных сигналов, определяющих состояние задвижек;
- контроль дискретного сигнала, определяющего значение давления в противопожарном водопроводе в помещении узлов управления автоматической установкой водяного пожаротушения (сигнал от манометра);
- контроль дискретных сигналов, определяющих значение давления в направлениях пожаротушения (сигнал от манометров);
- формирование признака «ОТКАЗ УСТАНОВКИ» при невыполнении алгоритма пуска;
- формирование признаков отказа при контроле состояния задвижек;
- обмен информацией с аппаратурой верхнего уровня.

В соответствии с противопожарными нормами проектирования АЭС, приборы ППКП-01Ф могут эксплуатироваться в следующих режимах:

- Автоматический режим работы.

Иницирующим сигналом на запуск системы водяного пожаротушения является замыкание контактов в цепи соответствующего модуля контроля срабатывания защит и отсутствия напряжения на реакторах.

- Дистанционное управление.

Иницирующим сигналом на запуск системы водяного пожаротушения является сигнал, приходящий с клавиатуры приборов ЗНВ76F01, ЗНВ76F02 или со стоек КСО расположенных на ЦЦУ.

– Местное управление.

Иницирующим сигналом на запуск системы водяного пожаротушения является сигнал, приходящий от кнопки «OPEN» на коробках коммутационных электроприводов расположенных с задвижками в здании 126 (камера управления задвижками пожаротушения).

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ППКП-01Ф

Программное обеспечение ППКП-01Ф состоит из:

- 1) Программного обеспечения для настройки и контроля аппаратуры;
- 2) Программного обеспечения интеллектуальных модулей;
- 3) Программного обеспечения модулей процессоров в программируемых контроллерах;
- 4) Программного обеспечения компьютеров центральных (КЦ).

Программное обеспечение компьютеров центральных выполнено из резидентной части, которая непосредственно интегрируется в операционную систему, и программируемой части. Программируемая часть выполняется на основе технологического программирования TX-SoftLogic. Программное обеспечение интеллектуальных модулей является постоянным и находится в постоянно запоминающем устройстве этих модулей. Программное обеспечение модулей процессоров в программируемых контроллерах, также как и КЦ, выполнено из резидентной части и программируемой. Программируемая часть хранится в энергонезависимой памяти контроллера и загружается в неё с помощью канала.

Программируемые части или, другими словами, рабочие программы для интеллектуальных модулей и модулей микропроцессоров в программируемых контроллерах выполняются с помощью универсальных систем программирования, таких как IAR, Keil и Franklin Software.

Рабочие программы реализуют различные функции аппаратуры в зависимости от состава модулей и их функционального назначения.

ЗАДАНИЕ НА ВЫДАЧУ СИГНАЛА НЕИСПРАВНОСТИ

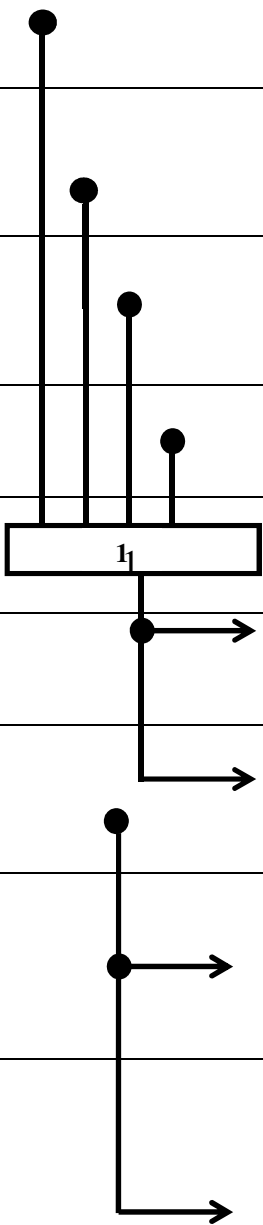
Для приборов ППКП-01Ф необходимо задать рабочую программу на автоматизацию установок водяного пожаротушения. Однако так как подробный алгоритм данной рабочей программы является достаточно объёмным, остановимся на рассмотрении части рабочего задания на выдачу сигнала неисправности (таблица 1).

Данный алгоритм позволяет показать, насколько удобная и быстрая данная автоматика относительно предшествующей. Помимо основных функций управления пожаротушением реактора, СКУ ПЗ осуществляет множество функций, основными из которых является:

- запись и анализ до аварийного, аварийного и послеаварийного режима;
- самодиагностику прибора;
- диагностику вспомогательных систем;
- передачу информации на удаленные диспетчерские пункты.

Поэтому замена морально и физически устаревшей автоматики шунтирующего реактора РОМБСМ-60000/500 У1 на линии 500 кВ Ростовская АЭС на микропроцессорный комплекс, является целесообразным решением.

Таблица 1. – Задание на выдачу сигнала «НЕИСПРАВНОСТЬ» прибора ЗНВ76F01

Алгоритм		Источник входного сигнала	Источник выходного сигнала
1	2	3	4
	Неисправность прибора ЗНВ76F01	Определяется самотестированием прибора	
	Неисправность основного питания	Контроль основного питания ЗНВ76F01	
	Неисправность резервного питания	Контроль резервного питания ЗНВ76F01	
	Вскрытие корпуса прибора ЗНВ76F01	Определяется прибором ЗНВ76F01	
	Сигнал «Неисправность» на ЖКИ прибора ЗНВ76F01		ЖКИ прибора ЗНВ76F01
	Сигнал «Неисправность» в верхний уровень на ЦЩУ в НС01А014, 0НВ01Т01		ЗНВ76F01/ RS-485
	Давление в питающем водопроводе упало меньше 0,3 МПа	ЗНВ76F01/ (МДС) Х6-7,8	
	Сигнал «Неисправность системы водяного пожаротушения» на ЖКИ прибора		ЖКИ прибора ЗНВ76F01
	Сигнал «Неисправность системы водяного пожаротушения» на ЦЩУ в НС01А014, 0НВ01Т01		ЗНВ76F01/ RS-485

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуревич, В.И. Микропроцессорное реле защиты. Устройство, проблемы, перспективы [Текст] / В.И. Гуревич. – М.: Инфра-Инженерия, 2011. – 336 с.
2. СТО 56947007-29.120.70.99-2011 – Методические указания по выбору параметров срабатывания устройства РЗА подстанционного оборудования производства ООО НПП «ЭКРА» [Текст]. [Б.м.], 2011.
3. Бабуров, В.П. и др. Производственная и пожарная автоматика. Ч. 2. Автоматические установки пожаротушения [Текст] / В.П. Бабуров, В.В. Бабурин, В.И. Фомин, В.И. Смирнов : учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. – 298 с.

REFERENCES

- [1] Gurevich V.I. Mikroprocessornoe rele zashhity. Ustrojstvo, problemy, perspektivy [Microprocessor relay of protection. Device, problems, prospects]. M. Pub. Infra-Inzheneriya [Infra-Engineering], 2011, ISBN 978-5-9729-0043-5, 336 p. (in Russian)
- [2] STO 56947007-29.120.70.99-2011 – Metodicheskie ukazaniya po vyboru parametrov srabatyvaniya ustrojstva RZA podstacionnogo oborudovaniya proizvodstva OOO NPP «EKRA» [Methodical instructions at the choice of parameters of operation of the RZA device of the substation equipment of production of JSC NPP EKRA]. (in Russian)
- [3] Baburov V.P., Baburin V.V., Fomin V.I., Smirnov V.I. Proizvodstvennaya i pozharnaya avtomatika [Production and fire automatic equipment.]. Chast. 2 [Part 2]. Avtomaticheskie ustanovki pozharotusheniya [Automatic installations of fire extinguishing]. Uchebnik [course book]. M. Pub. Akademiya GPS MChS Rossii [State Fire Academy of Emercom of Russia], 2007, ISBN 5-9659-0047-3, 298 p. (in Russian)

**Modernization of Shunting Reactor Firefighting System using Microprocessor
Equipment on the Open Switchgear 500 Kv of Rostov NPP**

S.A. Baran*, E.S. Belyaeva**

*Volgodonsk Engineering Technical Institute
the Branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
74/94 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360
* e-mail: bastr@rambler.ru, ** e-mail: katis93@yandex.ru*

Abstract – The article considers the technical re-equipment automation control system of fire protection of shunt reactor ROMBSM-60000/500 U1 located on the 500 kV line Rostov NPP – Budennovsk. Analysis of the system is carried out with consideration of its upper and lower levels. The special attention is given to the lower level, represented by the microprocessor based device – PPKP-01F. The task for delivery of a signal of control malfunction and the connected systems is made for the microprocessor controller PPKP-01F.

Keywords: microprocessor relays, automatic fire extinguishing system, program technical means, logic controller, software, working program.

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

УДК 340.11

**ПРИНЦИПЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРАВА КАК
ИДЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ОРГАНИЗАЦИОННО-СИСТЕМНАЯ
ОСНОВА ЕГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ
(ВИДЫ И КРАТКИЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ)**

© 2015 г. Л.Б. Прудникова

Волгодонский институт экономики, управления и права (филиала) Южного федерального университета, Волгодонск, Ростовская обл.

В работе представлен краткий анализ видового разнообразия и содержания принципиальных основ энергетического права, позволяющих оценить его отраслевой суверенитет.

Ключевые слова: энергетическое право, отрасль права, принципы отрасли, общеправовые принципы.

Поступила в редакцию 18.06.2015 г.

Важность научно-правового анализа проблем энергообеспечения и энергобезопасности на сегодняшний день в России и в мире не вызывает сомнений. Это, прежде всего, вопросы безопасности человечества, независимости и безопасности конкретного государства. Естественно, такие вопросы общественного взаимодействия не должны оставаться без необходимого правового реагирования со стороны государства. Кроме того, система права не есть явление постоянное, она развивается, эволюционирует, реагирует на появление новых отношений, требующих правового оформления. Так, появление массива норм в сфере регулирования отношений по производству, передаче, распределению и сбыту различных видов энергии потребовало институционализации, то есть: четкого определения их места в системе отраслей права и законодательства; обоснованного ответа на вопрос о том, что такое энергетическое право, обладает ли оно отраслевым суверенитетом; каковы специфические признаки регулируемых им отношений, составляющие его предмет и каковы методы воздействия на них, в чем специфика принципов. Ответы на эти вопросы невозможны без базовых категорий теории права.

Значимая на сегодняшний день и во многом предопределяющая роль энергетики в общественных отношениях, регулируемых любым государством, закономерно влечет активизацию развития и систематизацию такой специфической группы отношений в относительно обособленные правообразования (институты, подотрасли, отрасли). Теоретики права, признавая существование международного энергетического права, ставят на обсуждение вопросы о степени сформированности энергетического права в пределах национальной системы права России [4].

Общепризнанным в теории права выступает тот факт, что принципы отрасли права являются, наряду с предметом и методом правового регулирования, системообразующими критериями отраслевой самостоятельности и суверенитета той или иной системы норм, претендующей на статус отрасли права. Более того,

некоторые правоведы (например, Л.И. Дембо) придают именно принципам отрасли, а не предмету и методу, «цементирующее» значение [5]. Основная задача принципов – формирование идеологической (неправовой) и организационно-системной основы функционирования и перспектив развития отрасли права. В тоже время, в случае закрепления в нормах права они приобретают уже общеобязательный, правовой характер. Сказанное в равной мере относится и к относительно новому явлению для отечественной системы права – энергетическому праву, по поводу отраслевой идентификации и внутренней структуры которого разгораются острые дискуссии в научной и академической среде.

Отталкиваясь от традиционных представлений, но имея в виду специфику сферы энергетических отношений, несомненно, выступающих предметом его как отрасли, можно утверждать, что принципы непосредственно энергетического права формулируются с учетом социальной и экономической, правовой и инвестиционной значимости регулируемых отношений. К комплексу отношений, на которые основополагающие начала энергетического права призваны оказывать воздействие следует относить разведку, добычу, производство, переработку, хранение, транспортировку, распределение, торговлю и потребление энергетических ресурсов, а также предоставление иных энергетических услуг, в том числе и с участием иностранного элемента в субъектном составе. Такая широта охвата отношений позволяет согласиться с тезисом о том, что принципы энергетического права «становятся ключевыми предпосылками совершенствования энергетического права и законодательства» [6].

Принимая во внимание требование права о необходимости закрепления принципов отрасли в соответствующих нормах, следует отметить, что таким способом законодатель систематизирует свои подходы к определению содержания энергетических отношений как предмета отрасли и способов правового воздействия на них. Построение системы принципов энергетического права, как представляется, должно учитывать достижения современной теории права, а также требований государства и общества к энергетической сфере, в частности, положения Энергетической стратегии России до 2030г. [3], которые по своей значимости для энергетических отношений могут оцениваться как принципы, даже в перспективе.

С учетом сказанного о сути и сущности принципов, их значении для отраслевого суверенитета энергетического права можно с уверенностью говорить, что принципы энергетического права как отрасли можно традиционно разделить на такие виды как: общеправовые (без которых невозможно правовое регулирование вообще и которые свойственны практически всем правовым системам) и отраслевые (отражающие специфику конкретной отрасли права, позволяющие ее идентифицировать в системе права как самостоятельную отрасль).

Следует отметить, что единого и общепризнанного перечня общеправовых принципов в теории права и государства нет, поэтому специалисты приводят авторские позиции по этому вопросу. Сравнительно-правовой анализ различных точек зрения позволяет включить в этот перечень следующие принципы, признаваемые в теории права как общеправовые: принцип справедливости; принцип демократизма; принцип законности; принцип верховенства права; принцип взаимной ответственности субъектов права; принцип гласности и свободы доступа к информации, за исключением охраняемых законом тайн; принцип признания прав и свобод человека и гражданина высшей ценностью. Содержание указанных принципов не показывает какой-либо специфичности применительно к какой-либо отрасли права, поэтому оно не является предметом углубленного анализа в рамках данной

работы в отличие от особенностей непосредственно отраслевых принципов энергетического права.

С учетом специфики энергетического права, относительной обособленности его предмета и особенностей метода к числу отраслевых его принципов можно отнести довольно значительный по объему комплекс принципиальных положений, изложенных далее по тексту.

1) Принцип безусловного признания государственного суверенитета над национальными энергетическими ресурсами, который позволяет самостоятельно, без внешнего и внутреннего влияния принимать эффективные решения в сфере энергетики, обеспечивать национальную экономическую, да и (если не в первую очередь) политическую безопасность России. Спорная ситуация с некоторыми европейскими государствами показала, насколько важным фактором влияния на международные отношения является энергетический суверенитет государства.

2) Принцип признания национальной энергетической системы неотъемлемой частью всеобщей мировой системы энергопотребления.

3) Принцип признания энергетической взаимозависимости всех субъектов энергетических отношений, включая отношения с иностранным элементом, и необходимости ее поступательного снижения.

4) Принцип межгосударственного сотрудничества в сфере энергетики, так как опыт газовых кризисов России показывает важность выработки общепризнанных правовых основ межгосударственных энергетических отношений, учитывающих интересы всех сторон этих отношений.

5) Принцип социальной, правовой и экономической обусловленности государственной политики в сфере энергетического права. Энергетика выступает основой функционирования экономики страны, уровня жизнеобеспечения граждан, условием индустриального развития страны. Именно поэтому правовые решения законодателя должны учитывать тесную взаимосвязь этих составляющих энергетических отношений и максимально сохранять паритет интересов. Игнорирование интересов граждан невозможно в силу прямого указания Конституции РФ в ст. 9 на то, что природные ресурсы используются и охраняются в России как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории [1].

6) Принцип недискриминации в отношениях доступа к источникам энергии, но с оправданными ограничениями на участие иностранных инвесторов в отраслях народного хозяйства, имеющих стратегическое значение для России.

7) Принцип сочетания государственной централизации энергетического сектора экономики и участия общественности в принятии решений в сфере энергоснабжения и энергопотребления в силу того, что адекватная цена на энергию в различных ее формах должна признаваться потребителями как обоснованная.

8) Принцип безопасности энергоснабжения и энергопотребления для всех участников энергетических правоотношений.

9) Принцип энергетической эффективности и энергосбережения в сфере снабжения и потребления энергоресурсов, которые должны обеспечиваться различными мерами, например, экономико-правовыми, организационно-техническими, научно-производственными и другими.

10) Принцип рационального энергоиспользования и ресурсосбережения.

11) Принцип охраны окружающей среды при добыче и использовании энергоресурсов, а также оптимального соотношения экологии и энергетики без приоритета того или иного понятия с внедрением более совершенных технологий и с учетом требований экологического законодательства, прежде всего, Федерального

закона от 10.01.2002г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [2].

12) Принцип неуклонного и поступательного развития нетрадиционных источников энергии, так как это вопрос национальной экономической безопасности в далекой глобальной перспективе.

Таким образом, приведенные в работе принципы правового регулирования, присущие энергетическому праву, доказывают наличие у него отраслевой идентичности, могут быть сформированы в систему и подвергнуты классификации с учетом значимой специфичности их содержания. На сегодняшний день они вполне соотносятся с современным состоянием энергетического права, отражают предпосылки его развития, а значит, тоже могут обновляться, совершенствоваться, видоизменяться. И тот факт, что принципы энергетического права «красной нитью» проходят сквозь все нормы, регулирующие энергоотношения, и позволяет их использовать как эффективный инструмент построения энергетического права как самостоятельной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конституция Российской Федерации от 12 декабря 1993 года [Текст] // СЗ РФ. – 2014. – №15. – Ст. 1691.
2. Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7 – ФЗ «Об охране окружающей среды» [Текст] // СЗ РФ. – 2002. – № 2. – Ст. 133.
3. Распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 г. № 1715-р «Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года» [Текст] // СЗ РФ. – 2009. – №48. – Ст. 5836.
4. Моисеев, Е.Г. Международное энергетическое право [Текст] // Международное публичное право: учеб. / Е.Г. Моисеев, Л.П. Ануфриева, К.А. Бекашев, В.В. Устинов [и др.]; отв. ред. К.А. Бекашев. – 5-е изд., перераб. и доп. – М., Проспект, 2009. – С. 939.
5. Жукова, И.С. О международном энергетическом праве как отрасли международного права [Текст] / И.С. Жукова // Вестник ОГУ. – 2010. – №2(108). – С. 49.
6. Яковлев, В.Ф. Правовое государство: вопросы формирования. – М.: Статут, 2012. – 488 с. [Электронный ресурс]: Программа информационной поддержки Российской науки и образования. – Консультант Плюс: Высшая школа. – Учебное пособие. – Выпуск 21 к весеннему семестру 2014 года.

REFERENCES

- [1] Konstituciya Rossijskoj Federacii ot 12 dekabrya 1993 goda [The constitution of the Russian Federation of December 12, 1993]. Sobranie zakonodatelstva RF [Russian Federation Code]. 2014, №15, Statya 1691[clause]. (in Russian)
- [2] Federalnyj zakon ot 10.01.2002 goda №7 – Federalnyj zakon «Ob ohrane okruzhayushhej sredy» [The federal law of 10.01.2002 No. 7 – Federal Law "About Environmental Protection"]. Sobranie zakonodatelstva [Russian Federation Code]. 2002, №2, Statya 133. [clause]. (in Russian)
- [3] Rasporyazhenie Pravitelstva RF ot 13.11.2009 goda №1715-r «Ob energeticheskoy strategii Rossii na period do 2030 goda» [The order of the Government of the Russian Federation of 13.11.2009 No. 1715-r "About Power strategy of Russia for the period till 2030"]. Sobranie zakonodatelstva RF [Russian Federation Code]. 2009, №48, Statya 5836 [clause]. (in Russian)
- [4] Moiseev E.G. Mezhdunarodnoe energeticheskoe pravo [International power law]. Mezhdunarodnoe publichnoe pravo [International public law]: uchebnik, avtorskiy kolektiv [course book, group of authors]: L.P. Anufrieva, K.A. Bekyashev, E.G. Moiseev, V.V. Ustinov, etc.; otvetstvennyj redaktor [editor-in-chief] K.A. Bekyashev, 5-e izdanie, pererabotannoe i dopolnennoe [The 5th edition processed and added]. M. Pub. Prospekt [Prospect], 2009, p. 939. (in Russian)
- [5] Zhukova I.S. O mezhdunarodnom energeticheskom prave kak otrasli mezhdunarodnogo prava [About the international power law as branches of international law]. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Orenburg State University]. 2010, №2(108), ISSN 1814-6457, p. 49. (in Russian)
- [6] Yakovlev V.F. Pravovoe gosudarstvo: voprosy formirovaniya [Constitutional state: questions of formation]. M. Pub. Statut [Statute], 2012, ISBN 978-5-8354-0828-3, 488 p. (in Russian)

Principles of the Power Right as Ideological and Organizational System Basis of Its Functioning and Development (Types and Short Analysis of the Contents)

L.B. Prudnikova

*Volgodonsk institute of economics, management and law
branch of Southern Federal University, Volgodonsk, 47 Mira Av., Rostov region, Russia 347383
e-mail: lori_bori@bk.ru*

Abstract – In work the short analysis of a specific variety and the maintenance of the basic bases of the power right allowing to estimate its branch sovereignty is submitted.

Keywords: power right, branch of the right, principles of branch, all-legal principles.

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

УДК 68+33

**ФОРМИРОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ
СЕТЕВЫХ СТРУКТУР НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

© 2015 г. П.М. Сорокин*, Г.Д. Беляева**, А.Б. Макарец**

* Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
Нижегород, Нижегородская обл.

** Саровский физико-технический институт – филиал НИЯУ МИФИ,
Саров, Нижегородская обл.

В статье рассматриваются ключевые характеристики сетевых структур, на основе которых формируются признаки, по которым проводится классификация. Приведенные классификации представляют собой пересекающиеся множества и характеризуют сетевые структуры в различных аспектах.

Ключевые слова: сетевая структура, классификация, характеристики ключевых структур.

Поступила в редакцию 20.06.2015 г.

Исследуя проблему классифицирующих признаков промышленных сетевых предприятий, особое внимание следует обратить на логику их появления на рынке. Так, в доиндустриальную и частично в индустриальную эпоху, в условиях стабильной экономики и неконкурентной среды господствовали иерархичные структуры с централизованным управлением и отсутствием жёстких вертикальных связей между элементами. В индустриальную эпоху, с ростом неопределённости, динамизма и конкуренции эффективность иерархичных структур стремительно снизилась, а их место заняли атомистичные рыночные структуры, не имеющие единого центра управления, то есть отдельно взятый субъект не может особенно влиять на функционирование всей системы. В постиндустриальную эпоху в результате глобализация рынков среда стала гиперконкурентной и сверхдинамичной. Это привело к появлению сетевых структур, основанных на кооперации, так как объединение участников в сеть даёт синергетический эффект. При этом субъекты сетевой структуры, как и рыночной, становятся взаимозависимыми в своей деятельности, действуя как единая команда, но остаются независимыми в юридическом смысле [10].

То есть, структура сетевых предприятий формировалась в соответствии с эволюционными переменами на рынках, представляя собой пример адаптации организационных структур к смене внешних факторов и требований. Это говорит о значимости структуры сетевого предприятия как классифицирующего признака.

Процесс сетизации (формирование сетевых структур) представляется как переход от бюрократического типа организации к сетевому, от вертикальных связей и административных отношений к горизонтальным связям и контрактным (договорным) отношениям, от функциональных иерархических структур к независимым рабочим группам [8]. Другие эксперты понимают под данным термином метод стратегического менеджмента по формированию сети с узлами и связями для достижения соответствия с потребностями и ожиданиями партнёров и деловой конъюнктуры. Выделяют три

этапа перехода предприятий к сетевым организационным структурам: переосмысление, реинжиниринг и реструктурирование. При этом нельзя представить возникновение сетевой структуры в виде последовательно осуществляемых этапов, так как это непрерывный, итеративный и циклический процесс [9].

В сетевых структурах эффективность взаимодействия ее участников зависит от деятельности каждого участника по отдельности, а также от степени рациональности схемы их совместной деятельности, направленной на достижение реального синергетического эффекта.

Алейнова А.А. приходит к выводу, что различные формы кооперации можно свести к двум базовым моделям управления сетевыми структурами как особыми формами функционирования экономических субъектов хозяйственной деятельности [1]:

1) иерархизированная модель управления: крупное производственное предприятие занимает доминирующую позицию в деловых операциях и является головным заказчиком;

2) горизонтальная модель управления: в управлении участвуют равноправные партнеры, в основной своей массе из малого и среднего бизнеса.

Еще одна разновидность сетевых структур – предпринимательские сети (ПС, деловые или индустриальные сети, СИО), то есть группа фирм, объединившихся для совместной реализации предпринимательских проектов с целью использования своих ресурсов, особенностей и специфических преимуществ перед другими. В основе ПС обычно лежат горизонтальные взаимоотношения. Путем специализации и дополнения друг друга отдельные участники сетевой структуры решают общие проблемы и получают возможность достигать более высоких результатов.

Наконец, существует тип сетевых структур, получивший название «кластеры». В отличие от ПС, кластеры объединяют более широкий круг участников. В частности, в их состав могут входить институты поддержки, производственные и коммерческие структуры, среди которых поставщики, производители, высшие учебные заведения и научные организации. В рамках кластера возможно как отраслевое, так и региональное (межотраслевое) объединение участников, основанное на различных формах взаимодействия между разнородными фирмами. Следует подчеркнуть, что большинство экспертов при определении кластера указывает на географическую компоненту. То есть, в кластер объединяются предприятия, регионально ограниченные формами экономической активности внутри родственных секторов, обычно привязанных к тем или иным научным учреждениям или производствам [8].

Кластеры впервые появились в экономически успешных промышленных регионах Европы и, прежде всего, в Италии. Сегодня кластеры малых и средних предприятий действуют на всех континентах мира. В развивающихся странах – в Латинской Америке и Южной Азии – кластеры демонстрируют способность завоевывать даже требовательные рынки с высоким уровнем конкуренции. В России также разработаны методические рекомендации по ведению кластерной политики в субъектах РФ. В соответствии с этими рекомендациями, под территориальным кластером понимается объединение предприятий, научно-исследовательских и образовательных организаций, поставщиков оборудования, комплектующих, специализированных производственных и сервисных услуг, связанных отношениями территориальной близости и функциональной зависимости в сфере производства и реализации товаров и услуг.

Рассматривая кластеры в свете эволюционного развития сетевых организационных структур, приходим к констатации факта существования смешанных кластерно-сетевых образований (рис. 1).

Михайлов А.С. выделяет 2 основных этапа укрупнения системы сетевых

взаимодействий международных кластеров: международная кластерно-сетевая структура и международная кластерная сеть. Кластерно-сетевая структура является переходным этапом в международных сетевых взаимодействиях от международного кластера к кластерной сети. В основу структуры международного кластера при этом легла модель тройной спирали и отдельных акторов, которые взаимодействуют с ним на постоянной основе, однако не являются его членами.

В международных кластерно-сетевых структурах региональный фактор перестает играть определяющую роль, так как речь идет о взаимодействиях, несмотря на географически протяженное расстояние между отдельными кластерами.

Катенев В.И. утверждает, что виды, типы и формы сетей определяются следующими факторами [4].

Национальная культура определяет некоторые особенности взаимоотношений в сети, например:

- закрытость или открытость сети, что определяет возможность вступления в сеть новичков;
- формальные и неформальные отношения. Так, формальность сетевых взаимоотношений предполагает определенную степень их законности, а также соответствия строгим внутренним правилам и стандартам. При неформальных отношениях большую роль играют личные связи, в том числе родственные.

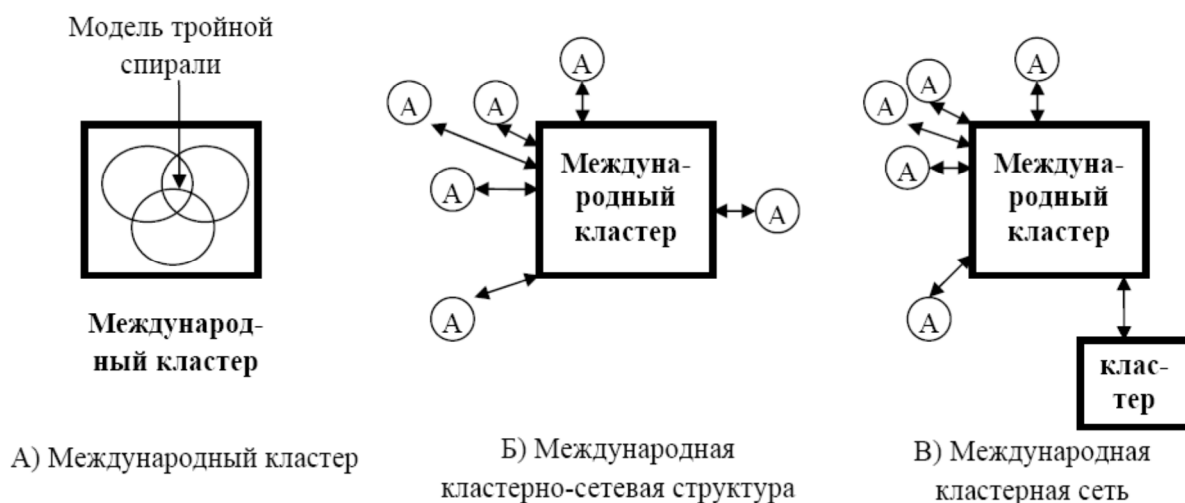


Рис. 1. – Системы международных кластерных взаимодействий

Формальные институты. На деятельность национальных сетей активно влияет государство, будучи формальным институтом, который устанавливает формальные и неформальные правила функционирования сетевых структур. При этом следует учитывать, что государственное управление и регулирование экономики лежит в основе национального хозяйства. Например, при построении японской и корейской экономики государства выбрали путь, основанный на развитии крупных национальных компаний и их сетей (чеболей в Корее, дзайбацу в Японии). А китайская экономика основана на мелких семейных фирмах, образующих свои открытые сети, представленные в разных регионах мира. Благодаря открытости сети, новички могут пользоваться ее преимуществами: возможность выхода на международный рынок (производство товара по заказу иностранных фирм), например.

Особенности развития рынка: наличие конкуренции и ее интенсивность, уровень рыночной неопределенности, присутствие на рынке альтернативных поставщиков и т.п.

Например, при высокой степени неопределенности, высокой конкуренции и трудностях с закупками небольшие предприятия стремятся объединяться в стабильные сети, в основе которых лежат долгосрочные взаимоотношения. А на стабильном рынке, характеризующемся низкой неопределенностью и гарантиями безопасности со стороны государства, объединение в сеть не столь актуально.

Особенности покупательского спроса и специфика продукта. При частых и быстрых колебаниях спроса (в связи с модой или быстрой сменой технологий) запрос потребителя заключается в высокой степени индивидуальности. В такой ситуации развиваются динамические сети, участники которых постоянно меняются в зависимости от колебаний спроса.

Цели создания сети. Вид сетевой структуры промышленного предприятия в немалой степени будет зависеть от того, зачем вообще понадобилось создавать сетевую структуру. Так, инициатором создания сети может являться крупная компания, планирующая оптимизировать процесс создания потребительской ценности. В этом случае она постарается оставить за собой основные компетенции для контроля всей цепочки создания ценности. Сетевым брокером будет являться фирма-инициатор создания сети. Инициатором сети может быть небольшая фирма, стремящаяся объединить свои компетенции с возможностями других фирм для создания более привлекательного предложения на рынке. В этом случае обычно фирмы-участники создают координационный совет, координирующий вопросы функционирования сетевых компаний и занимающийся решением возникающих проблем.

Степень ориентированности экономики (фирм) на развитие инноваций. При общей тенденции на активное развитие и быструю смену технологий крупные компании разукрупняются и начинают сотрудничать с более мелкими инновационными фирмами, что позволяет им достичь большей гибкости и создавать венчурные фирмы, способные к быстрым разработкам. Для тех же внешних условий характерно появление быстро развивающихся проектных сетей, существующих на период реализации проекта и распадающихся по мере его завершения.

Как мы видим, подавляющее большинство существующих классифицирующих признаков рассматривает частные факторы, которые не играют определяющую роль. Однако есть еще один фактор, значимый для любого промышленного производства и особенно актуальный для России. Это территориальное расположение сетевого предприятия. Для создания выгодных условий для успешного развития предприятия можно усиливать объективно существующие благоприятные свойства территории путем совместных действий региональных властей и компаний-инвесторов. При этом компания получает широкие возможности по адаптации региональных производственных структур к собственным потребностям: переобучение рабочей силы, привлечение в регион других инвесторов (например, поставщиков комплектующих), побуждение региональных властей к изменению законодательства, совершенствованию инфраструктуры и т.д. [7].

Рассматривая сетевые структуры промышленных предприятий автомобильной отрасли, мы приходим к выводу о значимости для классификации сетевых структур автомобильных производств географического фактора. Это связано с важностью транспортной компоненты в процессе развития автомобильной отрасли. Следует отметить, что сам по себе транспорт играет двойственную роль в процессе развития регионов и освоения территорий. Прежде всего, это отрасль, создающая условия для функционирования народного хозяйства. Но, кроме того, это ресурс, ограничивающий возможности экономического роста региона. В России в большинстве случаев развитие инфраструктуры поддерживается на минимальном уровне до того момента, пока не начинаются отказы в работе основного производства, и в частности, транспортной

инфраструктуры. Соответственно, ключевым условием получения максимального эффекта в развитии хозяйства региона является пропорциональное развитие производственного и транспортного комплексов, чтобы возможности транспортной системы соответствовали текущим и перспективным потребностям территории в транспортных услугах [5].

В ходе своего эволюционного развития сетевые структуры трансформировались не в одном последовательном направлении, а в нескольких, адаптируясь к меняющимся запросам рынка. Таким образом, нельзя говорить о "худших" или "лучших" вариантах сетевой организации. Применительно к определенным условиям окружающей среды все они в равной степени могут оказаться как высоко- так и малоэффективными.

Таким образом, придавая большое значение зависимости структуры сетевого промышленного предприятия от требований рынка, мы считаем именно структуру одним из основных классифицирующих признаков. Структура более других признаков позволяет судить о специфике работы предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алейнова, А.А.* Методическое обеспечение формирования и развития структур управления промышленных предприятий сетевого типа [Текст] / А.А. Алейнова: дис. канд. экон. наук. – М., 2010. – 191 с.
2. *Алейнова, А.А.* Теоретические основы формирования и развития структур управления промышленных предприятий сетевого типа [Текст] / А.А. Алейнова // TERRA Economicus. 2010. – №1-3. – Том 8. – С. 43–47.
3. *Асаул, А.Н. и др.* Организация предпринимательской деятельности [Текст] / А.Н. Асаул, М.П. Войнаренко, П.Ю. Ерофеев. – СПб.: «Гуманистика», 2004. – 448 с.
4. *Катенев, В.И.* Перспективы развития сетевой экономики в условиях формирующегося общества знаний [Текст] / В.И. Катенев // Проблемы современной экономики. – 2007. – №2(22).
5. *Матушкина, Н.А.* Моделирование развития транспортного комплекса во взаимодействии с производственной сферой территории [Текст] / Н.А. Матушкина : автореф. дис. канд. экон. наук. – Екатеринбург, 2008. – 26 с.
6. *Михайлов, А.С.* Система взаимодействий акторов международного кластера [Текст] / А.С. Михайлов // Проблемы современной экономики. – 2013. – №2(46). – С. 95–97.
7. *Мошков, А.В.* Этапы формирования территориальной структуры сетевых систем Дальнего Востока России [Текст] / А.В. Мошков // Проблемы современной экономики. – 2013. – №2(46). – С. 228–229.
8. *Николаев, М.А. и др.* Сетевые организационные структуры: основные понятия, признаки, виды и роль в современной экономике [Текст] / М.А. Николаев, Б.А. Ступако // Вестник Псковского гос. ун-та. Серия: Экономические и технические науки. 2014. – №5. – С. 3–13.
9. *Патюрель, Робер.* Создание сетевых организационных структур. [Электронный ресурс] / Робер Патюрель. – Режим доступа: URL: http://vasilieva.narod.ru/ptpu/15_3_97.htm – 19.06.2015.
10. *Сморodinская, Н.* Смена парадигмы развития и зарождение сетевой экономики [Электронный ресурс] / Н. Смородинская // Экономическая политика. Экспертный канал: сетевой журн. – 2013. – 17 января. – Режим доступа: URL: <http://ecpol.ru/index.php/2012-04-05-13-39-38/2012-04-05-13-39-53/481-smena-paradigmy-razvitiya-i-zarozhdenie-setevoy-ekonomiki> – 19.06.2015.
11. *Стерлин, А. и др.* Предпринимательские сети — новая форма организации межфирменного взаимодействия [Текст] / А. Стерлин, А. Ардишвили // Мировая экономика и международные отношения. – 1991. – № 4. – С. 70–80.

REFERENCES

- [1] Alejnova A.A. Metodicheskoe obespechenie formirovaniya i razvitiya struktur upravleniya promyshlennykh predpriyatij setevogo tipa [Methodical ensuring formation and development of structures of management of the industrial enterprises of network type]: dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata ekonomicheskikh nauk [the thesis of academic degree of the Doctor of Economics]. M. 2010, 191 p. (in Russian)
- [2] Alejnova A.A. Teoreticheskie osnovy formirovaniya i razvitiya struktur upravleniya promyshlennykh

- predpriyatij setevogo tipa [Theoretical bases of formation and development of structures of management of the industrial enterprises of network type]. *TERRA Economicus* [TERRA Economicus], 2010, №1-3. Vol. 8, ISSN 2073-6606, p. 43–47. (in Russian)
- [3] Asaul A.N., Vojnarenko M.P., Erofeev P.Yu. etc. Organizaciya predprinimatelskoj deyatel'nosti [Organization of business activity]. SPb. Pub. «Gumanistika» [Humanistica], 2004, ISBN 5–86050-223-0, 448 p. (in Russian)
- [4] Katenev V.I. Perspektivy razvitiya setevoy ekonomiki v usloviyax formiruyushhegosya obshchestva znaniy [Prospects of development of network economy in the conditions of the formed society of knowledge]. *Problemy sovremennoj ekonomiki* [Problems of modern economy], 2007, ISSN 1818-3409, №2(22). Available at: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=1353> (in Russian)
- [5] Matushkina N.A. Modelirovanie razvitiya transportnogo kompleksa vo vzaimodejstvii s proizvodstvennoj sferoj territorii [Modeling of development of a transport complex in interaction with the production sphere of the territory]: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata ekonomicheskikh nauk [abstract of the thesis of academic degree of the Doctor of Economics]. Ekaterinburg [Ekaterinburg], 2008, 26 p. (in Russian)
- [6] Mixajlov A.S. Sistema vzaimodejstvij aktorov mezhhdunarodnogo klastera [System of interactions of actors of the international cluster]. *Problemy sovremennoj ekonomiki* [Problems of modern economy], 2013, ISSN 1818-3409, №2(46), p. 95–97. Available at: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=4532> (in Russian)
- [7] Moshkov A.V. Etapy formirovaniya territorial'noj struktury setevyh sistem Dalnego Vostoka Rossii [Stages of formation of territorial structure of network systems of the Far East of Russia]. *Problemy sovremennoj ekonomiki* [Problems of modern economy], 2013, ISSN 1818-3409, №2(46), p. 228–229. Available at: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=4532> (in Russian)
- [8] Nikolaev M.A., Stupako B.A. Setevye organizacionnye struktury: osnovnye ponyatiya, priznaki, vidy i rol v sovremennoj ekonomike [Network organizational structures: the basic concepts, signs, types and a role in modern economy]. *Vestnik Pskovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomicheskie i tehicheskie nauki* [Bulletin of the Pskov state university. Series: Economic and technical science], 2014, №5, ISSN 2227-5215, p. 3–13. (in Russian)
- [9] Patyurel Rober. Sozdanie setevyh organizacionnyh struktur [Creation of network organizational structures]. Available at: http://vasilievaa.narod.ru/ptpu/15_3_97.htm (in Russian)
- [10] Smorodinskaya N. Smena paradigmy razvitiya i zarozhdenie setevoy ekonomiki [Change of a paradigm of development and origin of network economy]. *Ekonomicheskaya politika. Ekspertnyj kanal: setevoj zhurnal* [Economic policy. Expert channel: network magazine], 2012, 17 janvar [January]. Available at: <http://ecpol.ru/index.php/2012-04-05-13-39-38/2012-04-05-13-39-53/481-smena-paradigmy-razvitiya-i-zarozhdenie-setevoy-ekonomiki> (in Russian)
- [11] Sterlin A., Ardishvili A. Predprinimatelskie seti — novaya forma organizacii mezhfirmennogo vzaimodejstviya [Enterprise networks — a new form of the organization of intercompany interaction]. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya* [World economy and international relations], 1991, №4, ISSN 0131-2227, p. 70–80. (in Russian)

Formation of Signs for Network Structures Classification at the Industrial Enterprises

P.M. Sorokin*, G.D. Belyaeva, A.B. Makarets****

** Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod,*

*** Nizhni Novgorod, Nizhni Novgorod region*

*Sarov Physics and Technology Institute the Branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
Sarov, Nizhni Novgorod region*

Abstract – This article discusses the key characteristics of network structures are formed on the basis of which the grounds on which the classification is carried out. These classifications are disjoint sets and characterize network structures in various aspects.

Keywords: network structure, classification, characteristics of key structures.

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

УДК 349.7

**ПОНЯТИЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОЗМЕЩЕНИЯ ВРЕДА,
ПРИЧИНЕННОГО ИСТОЧНИКАМИ ПОВЫШЕННОЙ
ОПАСНОСТИ – ОБЪЕКТАМИ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

© 2015 г. Н.М. Копылкова, О.А. Макеева

Волгодонский институт экономики, управления и права (филиала) Южного федерального университета, Волгодонск, Ростовская обл.

Работа посвящена рассмотрению теоретических вопросов, связанных с возмещением вреда, причиненного источниками повышенной опасности – объектами ядерной энергетики, и анализу соответствующей нормативной базы.

Ключевые слова: вред, возмещение вреда, источник повышенной опасности, возмещение убытков.

Поступила в редакцию 22.06.2015 г.

Проблемой многих современных развитых государств является обеспечение безопасности функционирования особо опасных объектов, количество и качественные характеристики которых увеличиваются вместе с развитием технологий. Круг таких объектов достаточно обширен; к ним можно отнести, в том числе, и объекты ядерной энергетики. Термин «ядерная энергетика» традиционно подразумевает под собой отрасль энергетики, в которой источником получаемой электрической или тепловой полезной энергии выступает ядерная энергия, преобразуемая в полезную посредством использования специальных установок: атомных электростанций (АЭС), атомных теплоэлектроцентралей (АТЭЦ), атомных станций теплоснабжения (АСТ), термоядерных электростанций (ТЯЭС).

В России развитие ядерной энергетики начинается в первые годы XX в. Создание в 1910 г. в Петербурге т.н. Радиевой комиссии, в состав которой вошли известные физики Н. Н. Бекетов, А. П. Карпинский, В. И. Вернадский, определило основные направления дальнейшего развития этой перспективной отрасли. Первая атомная станция была создана в СССР в середине XX в. (г. Обнинск); сегодня в РФ 10 действующих атомных станций (некоторые из них продолжают строиться – в частности, Ростовская) и несколько атомных проектов находятся в стадии реализации. Можно утверждать, что Россия является одним из мировых лидеров в области развития ядерной энергетической отрасли; сегодня наша страна помогает строить атомные станции в Финляндии, Ираке, Вьетнаме и других государствах. Помимо РФ эту отрасль активно развивают и используют еще в 31 стране (лидерами являются США, Франция, Германия, Япония). Активизация ядерной энергетики связана с ее несомненными достоинствами – это, в частности, независимость от объемов топлива и относительная экологическая чистота производства. С другой стороны, использование ядерной энергии сопряжено с серьезными проблемами. Так, последствия ядерных катастроф разрушительны, а ликвидация выработавших свой ресурс атомных станций является

достаточно сложной.

Для обеспечения безопасности и нормального функционирования атомной отрасли все государства, использующие атомную энергию и развивающие атомную энергетику, создают систему управления в данной сфере и систему соответствующего законодательства. Так, в РФ контроль в сфере ядерной энергетики обеспечивают Министерство РФ по атомной энергетике (Минатом России), Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» (государственный холдинг, объединяющий более 360 предприятий атомной отрасли), Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор).

На международной арене с 1989 г. действует Всемирная ассоциация операторов атомных электростанций (WANO) – это международная профессиональная ассоциация, объединяющая организации, эксплуатирующие АЭС, во всем мире. Основной ее задачей является разработка направлений повышения ядерной безопасности в мире.

Положения российского законодательства соответствуют международным нормам в области обеспечения ядерной безопасности – в частности, положениям:

- Декларации ООН о предотвращении ядерной катастрофы от 9 декабря 1981 г. [1];
- Венской Конвенции о гражданской ответственности за ядерный ущерб от 21 мая 1963 г., в которой РФ участвует с 2005 г. [2];
- Венской Конвенции о ядерной безопасности от 17 июня 1994 г., в которой РФ участвует с 1996 г. [3].

Нормативное регулирование деятельности атомной отрасли производится в РФ целым комплексом нормативно-правовых актов – это, в частности:

- Федеральный закон от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» [4];
- Федеральный закон от 1 декабря 2007 г. № 317-ФЗ «О государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» [5];
- Федеральный закон от 27 июля 2010 г. № 225-ФЗ «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте» [6]. Буквальное толкование положений этого Закона позволяет утверждать, что сами объекты атомной энергетики не страхуются, но находящиеся в их составе иные потенциально опасные объекты должны быть застрахованы владельцем на случай причинения имущественного или неимущественного вреда.

Положения о порядке возмещения вреда, причиненного опасными объектами, в общем виде закреплены в гл. 59 Гражданского кодекса РФ. Ответственность за нарушение правил безопасности на объектах атомной энергетики регламентирована ст. 215 Уголовного кодекса РФ. Привлечение к ответственности виновных субъектов и возложение обязанности по возмещению вреда определяется положениями процессуального законодательства.

В юридической литературе для обозначения объектов, потенциально опасных для человека и природы, а также объектов, использование которых может представлять такую угрозу, используется термин «источник повышенной опасности». Это понятие появилось в Западной Европе в середине XIX в. (изначально в контексте «возмещение вреда, причиненного железнодорожными предприятиями» – это предусматривалось, например, законодательством Германии). В российском праве термин известен с 1920-х гг. Развитие человеческой цивилизации постоянно увеличивает количество таких потенциально опасных объектов и усложняет их качественные характеристики. Сегодня к ним относятся:

- 1) физические объекты – это механические (например, транспорт),

электрические (электроэнергия) и тепловые (парогенераторы, иные источники тепловой энергии) объекты;

2) физико-химические объекты – это радиоактивные материалы;

3) химические объекты – это отравляющие, взрывоопасные и огнеопасные вещества;

4) биологические объекты – это микробиологические (штаммы микроорганизмов) и зоологические (животные) объекты.

Объекты ядерной энергетики с точки зрения их квалификации как источников повышенной опасности можно отнести к смешанным источникам – они одновременно аккумулируют в себе признаки физических, физико-химических и химических объектов. В процессе эксплуатации таких объектов может быть причинен вред (объем которого многократно превышает объем вреда, причиняемый иными источниками повышенной опасности), что делает актуальной проблему компенсации такого вреда.

Обязательства, возникающие из причинения вреда, относятся к группе деликтных обязательственных правоотношений. Их можно определить как обязательства, в силу которых одна сторона (причинитель вреда, должник) обязывается возместить в полном объеме вред, причиненный при эксплуатации соответствующего объекта другому лицу (лицам), которые признаны пострадавшими (кредиторами). Вред возмещается в денежной или натуральной форме в полном объеме (ст. 307, 1064, 1079 Гражданского кодекса РФ).

Возмещение вреда, причиненного объектами ядерной энергетики, обладает следующими особенностями (Венская Конвенция о гражданской ответственности за ядерный ущерб от 21 мая 1963 г., ст. ст. 1064, 1079 Гражданского кодекса РФ, ст. 53-60 Федерального закона от 21 ноября 1995 г. №170-ФЗ «Об использовании атомной энергии»):

1) Любые вопросы, связанные с компенсацией такого вреда, должны решаться исключительно в судебном порядке, поскольку по таким делам объем вреда может быть очень значительным, а количество потерпевших – большим. Возмещение вреда осуществляется по солидарному или долевному принципу.

2) Российское законодательство не закрепляет сроки исковой давности по делам о причинении нематериального ущерба; по делам о компенсации материального ущерба срок исковой давности традиционный – 3 года. Международные акты, в частности, ст. VI Венской Конвенции о гражданской ответственности за ядерный ущерб 1963 г., лишает потерпевших права на возмещение вреда, если были нарушены установленные Конвенцией сроки для предъявления соответствующих требований. В отношении смерти и телесного повреждения это 30 лет со дня ядерного инцидента, в отношении другого ущерба это 10 лет со дня ядерного инцидента.

3) При возмещении вреда должны учитываться интересы физических и юридических лиц, а также публичные интересы государства, региона и муниципального образования. Интересы физических лиц связаны с утратой здоровья; с потерей близких; с утратой жилых помещений и иного имущества; с несением расходов, связанных с принудительным переселением из зараженной зоны и проч. Интересы юридических лиц связаны, в основном, с утратой имущества. При возмещении вреда учитываются также публичные интересы, если речь идет, например, о причинении вреда окружающей среде.

4) Ответственность возлагается на эксплуатирующие организации, которые являются, как правило, субъектами публичного права. Таким образом, возмещение вреда, причиненного объектами ядерной энергетики, носит публичный характер и реализуется за счет бюджетных средств (например, так называемых «государственных гарантий»). Кроме того, в данной сфере действует система страхования рисков.

Участие в программе государственных гарантий и в страховых правоотношениях является обязательным условием для получения лицензии на осуществление соответствующей деятельности.

5) Поскольку объекты ядерной энергетики являются объектами повышенной опасности, то ответственность возлагается на них как при наличии, так и при отсутствии их вины в произошедшем. Однако если убытки причинены в результате непреодолимой силы или иных форс-мажорных обстоятельств (природная катастрофа, военные действия, вооруженные конфликты и т.п.), или умысла потерпевших – они возмещению не подлежат.

6) По общему правилу, убытки должны возмещаться в полном объеме. Применительно к убыткам, причиненным объектами ядерной энергетики, такой объем рассчитать сложно, поскольку некоторые виды ущерба (например, заболевания) могут проявляться намного позже. Для подобных деликтов чрезвычайно трудным будет определение причинно-следственной связи между произошедшей аварией или иной чрезвычайной ситуацией и наступившими вредоносными последствиями. Именно поэтому российское законодательство предусматривает механизмы индексации выплат, производимых в обеспечение причиненного вреда. Ст. V Венской Конвенции о гражданской ответственности за ядерный ущерб 1963 г. позволяет ограничить ответственность, рассчитывая ее в т.н. «специальных правах заимствования» – расчетных единицах Международного Валютного Фонда, конвертируемых в национальные валюты, в размере от 100 до 300 млн. таких единиц.

7) В силу прямого указания ст. 1В Венской Конвенции о гражданской ответственности за ядерный ущерб 1963 г. положения о возмещении вреда не применяются к вреду, причиненному ядерными установками, при их использовании в немирных целях. В таких ситуациях должны применяться меры международного воздействия.

Вышеуказанные положения законодательства в истории современной России не применялись, но теоретически, как мы видим, они разработаны достаточно подробно. Мировая история ядерных катастроф (Уиндскойл (Великобритания, 1957 г.), Три-Майл Айленд (США, 1979 г.), Чернобыль (СССР, 1986 г.), Фукусима (Япония, 2011 г.) до сих пор ставит перед миром вопросы улучшения механизмов обеспечения ядерной безопасности и совершенствования системы управления ядерной отраслью и соответствующего законодательства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Декларация ООН о предотвращении ядерной катастрофы от 9 декабря 1981 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/nuc_catastrophe_prevention.shtml – 21.06.2015.
2. Венская Конвенция о гражданской ответственности за ядерный ущерб от 21 мая 1963 г. // Бюллетень международных договоров. – 2005. – №11.
3. Венская Конвенция о ядерной безопасности от 17 июня 1994 г. // Бюллетень международных договоров. – 2007. – №9.
4. Федеральный закон от 21 ноября 1995 г. №170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» // Собрание законодательства РФ. – 1995. – № 48. – Ст. 4552.
5. Федеральный закон от 1 декабря 2007 г. № 317-ФЗ «О государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» // Собрание законодательства РФ. – 2007. – №49. – Ст. 6078.
6. Федеральный закон от 27 июля 2010 г. №225-ФЗ «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте» // Собрание законодательства РФ. – 2010. – № 31. – Ст. 4194.

REFERENCES

- [1] Deklaraciya OON o predotvrashhenii yadernoj katastrofy ot 9 dekabrya 1981 g. [The declaration of the UN on prevention of nuclear catastrophe of December 9, 1981]. Available at: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/nuc_catastrophe_prevention.shtml (in Russian)
- [2] Venskaya Konvenciya o grazhdanskoj otvetstvennosti za yadernyj ushherb ot 21 maya 1963 g. [The Vienna Convention on a civil liability for nuclear damage of May 21, 1963.]. Byulleten mezhdunarodnyh dogovorov [Bulletin of international treaties.]. (in Russian)
- [3] Venskaya Konvenciya o yadernoj bezopasnosti ot 17 iyunya 1994 g. [The Vienna Convention on nuclear safety of June 17, 1994.]. Byulleten mezhdunarodnyh dogovorov [Bulletin of international treaties.], 2007, №9. (in Russian)
- [4] Federalnyj zakon ot 21 noyabrya 1995 g. №170-FZ «Ob ispolzovanii atomnoj energii» [The federal law of November 21, 1995 No. 170-FL "About use of atomic energy"]. Sbornik zakonodatelstva RF [Russian Federation Code], 1995, №48, Statya 4552 [clause]. (in Russian)
- [5] Federalnyj zakon ot 1 dekabrya 2007 g. № 317-FZ «O gosudarstvennoj korporacii po atomnoj energii «Rosatom» [The federal law of December 1, 2007 No. 317-FL "About the state corporation on nuclear energy "Rosatom"]. Sbornik zakonodatelstva RF [Russian Federation Code], 2007, №49, Statya 6078 [clause]. (in Russian)
- [6] Federalnyj zakon ot 27 iyulya 2010 g. №225-FZ «Ob obyazatelnom straxovanii grazhdanskoj otvetstvennosti vladelca opasnogo objekta za prichinenie vreda v rezultate avarii na opasnom obekte» [The federal law of July 27, 2010 No. 225-FL "About obligatory insurance of a civil liability of the owner of dangerous object for infliction of harm as a result of accident on dangerous object"]. Sbornik zakonodatelstva RF [Russian Federation Code], 2010, №31, Statya 4194 [clause]. (in Russian)

The Concept and Theoretical Basis for the Indemnification Caused by the Sources of the Increased Danger– Nuclear Energy Objects

N.M. Kopylkova*, O.A. Makeeva**

*Volgodonsk institute of economics, management and law
branch of Southern Federal University, Volgodonsk, 47 Mira Av., Rostov region, Russia 347383*

** e-mail: kafedra_prava_08@mail.ru*

*** e-mail: maklex2009@yandex.ru*

Abstract – The work is devoted to the issues connected with indemnification caused by the sources of the increased danger – nuclear power objects and the analysis of the regulatory system.

Keywords: harm, indemnification, source of the increased danger.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ НОМЕРА

Абидова Е.А.	70
Бабенко Р.Г.	36, 70
Баран С.А.	95
Беляева Г.Д.	107
Беляева Е.С.	95
Богоровская С.А.	23
Василенко С.В.	85
Веприков В.И.	7
Веприков Ю.В.	7
Веприкова Ю.В.	7
Гунин П.А.	90
Гусейнов В.А.	77
Доронин Ю.В.	47
Дятловский А.А.	77
Елжов Ю.Н.	70, 85
Запорожец М.В.	77
Ильясова А.С.	90
Киселев И.А.	57
Копылкова Н.М.	112
Крутько Е.С.	57
Ластовиря В.Н.	27
Макарец А.Б.	107
Макеева О.А.	112
Матросов Н.М.	43
Медведев В.Н.	57
Никифоров В.Н.	70
Новокрещенов В.В.	27
Подрезов Н.Н.	90
Потапов Е.А.	57
Проскуряков К.Н.	77
Прудникова Л.Б.	102
Пугачева О.Ю.	70, 85
Родякина Р.В.	27
Синельщиков П.В.	70
Сиротин Д.В.	70
Сорокин П.М.	107
Стрижов В.Ф.	57
Ульянов А.Н.	57
Ульянова Ю.Е.	36
Фёдоров А.И.	77
Чернов А.В.	36

AUTHOR INDEX OF VOL. 3, 2015

Abidova E.A.	70
Babenko R.G.	36, 70
Baran S.A.	95
Belyaeva E.S.	95
Belyaeva G.D.	107
Bogorovskaya S.A.	23
Chernov A.V.	36
Doronin Y.V.	47
Dyatlovsky A.A.	77
Elzhov Yu.N.	70, 85
Fedorov A.I.	77
Gunin P.A.	90
Huseynov V.A.	77
Ilyasova A.S.	90
Kiselev N.A.	57
Kopylkova N.M.	112
Krutko E.S.	57
Lastovirya V.N.	27
Makarets A.B.	107
Makeeva O.A.	112
Matrosov N.M.	43
Medvedev V.N.	57
Nikiforov V.N.	70
Novokreshhenov V.V.	27
Podrezov N.N.	90
Potapov E.A.	57
Proskuryakov K.N.	77
Prudnikova L.B.	102
Pugacheva O.Yu.	70, 85
Rodyakina R.V.	27
Sinelshnikov P.V.	70
Sirotn D.V.	70
Sorokin P.M.	107
Strizhov V.F.	57
Uljanova Ju.E.	36
Ulyanov A.N.	57
Vasilenko S.V.	85
Veprikov V.I.	7
Veprikov Yu.V.	7
Veprikova Yu.V.	7
Zaporozhets M.V.	77

NOTES FOR AUTHORS

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

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

3) Information attached:

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

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

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

- the abstract in Russian and English;

- UDC index;

- keywords in Russian and English.

4) The volume of article has to be no more than 12 pages of the typewritten text, including tables, the list of references (it is no more than 20 sources) and drawings (no more than 7).

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

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

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

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

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

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

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

7) Publishing ethics issues

- Monitoring/safeguarding publishing ethics by editorial board;

- Guidelines for retracting articles;

- Maintain the integrity of the academic record;

- Preclude business needs from compromising intellectual and ethical standards;

– Always be willing to publish corrections, clarifications, retractions and apologies when needed;

– no plagiarism, no fraudulent data.

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

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

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

THE LIST OF REFERENCES STANDARD IN ENGLISH:

For journals:

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

Indicate article DOI if it in the presence

For books:

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

For web-resources:

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

For foreign references:

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

For materials of conferences:

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

For materials of conferences (foreign references):

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

All documents should be sent to the journal postal address:

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

Editorial office of "Global Nuclear Safety" journal

E-mail: oni-viti@mephi.ru

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1) Полный текст статьи, предназначенной для опубликования, должен сопровождаться представлением от учреждения, в котором выполнена работа, и подписан авторами.

2) Комплект должен содержать экспертное заключение о возможности опубликования.

3) К статье прилагаются:

- сведения об авторах на русском и английском языках (фамилия, имя, отчество, место работы, должность, ученая степень, звание, домашний, служебный и электронный адреса, телефоны. Если авторов несколько, указать, с кем вести переписку);

- сведения об организации авторов на русском и английском языках, включая почтовый адрес с индексом. Если авторов несколько, указать данные об организации каждого автора);

- название статьи и инициалы авторов на русском и английском языке;
- аннотация на русском и английском языках;
- индекс УДК;
- ключевые слова на русском и английском языках.

4) Объем статьи должен быть не более 12 страниц машинописного текста, включая таблицы, список литературы (не больше 20 источников) и рисунки (не более 7).

5) Статья должна быть набрана в соответствии с правилами компьютерного набора. В одном файле помещается только одна статья (в случае подачи двух статей и более). Сведения из пункта 3 являются частью статьи и должны быть также представлены в электронном виде.

Статья должна быть оформлена в формате Microsoft Office 97-2003 Word 7.0, через 1,5 интервала, шрифтом Times New Roman размером 14 пт. Поля со всех сторон – 2,5 см. Использование любых других шрифтов возможно только в виде исключения, если они внесены в код файла. Не следует использовать знаки принудительного переноса и дополнительных пробелов. Векторные величины выделяются полужирным шрифтом.

Для записи формул применять только редактор формул Equation 3.0. Большие формулы необходимо разбить на несколько строк, причем каждая новая строка – новый объект. Запрещается масштабировать формулы. При наборе формул необходимо придерживаться следующих размеров: текст – 11 пт, крупный индекс – 8 пт, мелкий индекс – 6 пт, крупный символ – 12 пт, мелкий символ – 10 пт. Формулы не должны включать в состав знаки пунктуации и нумерацию.

Статья должна содержать лишь самые необходимые формулы, от промежуточных выкладок желательно отказаться. Нумеруются только те формулы, на которые имеются ссылки. Нумерация формул должна быть сквозная по всей статье. Таблицы должны иметь заголовки и нумерацию, в них допускаются только общепринятые сокращения.

Желательно, чтобы таблицы не превышали одной страницы текста. Количество таблиц не должно превышать количество страниц.

Рисунки и схемы должны быть черно-белыми, размером 800x600, с подписями. Графики должны быть оформлены в формате Microsoft Office 97-2003 Word 7.0 и только отдельным файлом (каждый график на новом листе, либо в новом файле).

Единицы измерения следует давать в соответствии с Международной системой (СИ).

6) Литература приводится в порядке упоминания в конце статьи. В тексте должны быть ссылки в квадратных скобках только на опубликованные материалы.

Ссылки на иностранные источники даются на языке оригинала и сопровождаются, в случае перевода на русский язык, с указанием на перевод.

Рекомендуется проверка статей через программу Антиплагиат на сайте <http://www.antiplagiat.ru>

7) Авторы обязаны соблюдать публикационную и научную этику, в статьях должен быть исключен плагиат и подтасовка данных.

Библиография должна быть оформлена согласно ГОСТу 7.1-2003 «Библиографическая запись и библиографическое описание. Общие требования и правила составления». **References** предоставляются отдельно (правила оформления см. ниже в разделе **The list of references standard in English**).

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

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ ЛИТЕРАТУРЫ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ:

Для книг: Энджел, Д. Поведение потребителей [Текст] / Д. Энджел. – М. : Физматлит, 1972. – 272 с.

Для журналов: Петров, Н.Н. Принципы построения образовательных программ и личностное развитие учащихся [Текст] / Н.Н. Петров // Вопросы психологии. – 1999. – №3. – С. 39.

Для диссертаций: Дзякович, Е.В. Стилистический аспект современной пунктуации : автореф. дис. канд. филол. наук [Текст] / Е.В. Дзякович – М., 1984. – 30 с.

Для депонированных работ: Кондраш, А.Н. Пропаганда книг [Текст] / А.Н. Кондраш. – М., 1984. – 21 с. – Деп. в НИЦ «Информпечать» 25.07.84. ФН 176.

Описание архивных материалов: Гуцин, Б.П. Журнальный ключ [Текст] // НРЛИ. Ф. 209. Оп. 1. Д. 460. Л. 9.

Материалы конференций: Шишков, Ю. Россия и мировой рынок: структурный аспект [Текст] / Ю. Шишков // Социальные приоритеты и механизмы преобразований в России : материалы междунар. конф. Москва, 12-13 мая 1998 г. – М. : Мagma, 1993. – С. 19-25.

Для патентов: Пат. 2187888 Российская Федерация, МПК⁷ Н 04 В 1/38, Н 04 J 13/00. Приемопередающее устройство [Текст] / Чугаева В. И. ; заявитель и патентообладатель Воронеж. науч.-исслед. ин-т связи. – № 2000131736/09 ; заявл. 18.12.00 ; опубл. 20.08.02, Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с. : ил.

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

Для электронных ресурсов: Дирина, А.И. Право военнослужащих РФ на свободу ассоциаций [Электронный ресурс] / А.И. Дирина // Военное право: сетевой журн. – 2010. – Режим доступа: URL: <http://voennoepravo.ru/node/2149> – 19.02.2011.

Комплект документов отправляется в редакцию журнала по адресу:
347360, Россия, Ростовская область, г. Волгодонск, ул. Ленина, 73/94. Редакция журнала «Глобальная ядерная безопасность».

E-mail: oni-viti@mephi.ru

Тел.: 8(8639)222717.

ГЛОБАЛЬНАЯ ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

№ 3(16) 2015

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

Сдано в набор 23.09.2015 г.

Компьютерная верстка Вишнева М.М.

Корректор Вишнёва М.М. ИПО ВИТИ НИЯУ МИФИ

Подписано к печати 25.09.2015 г.

Бумага «SvetoCору» 80 г/м². Объем 14,88 усл.печ.л.

Гарнитура «TimesNewRoman»,

Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии ВИТИ(ф) НИЯУ МИФИ