

ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЕ СОБРАНИЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ  
АО «КОНЦЕРН РОСЭНЕРГОАТОМ»  
ФИЛИАЛ АО «КОНЦЕРН РОСЭНЕРГОАТОМ» «РОСТОВСКАЯ АТОМНАЯ СТАНЦИЯ»  
ФИЛИАЛ АО «АЭМ-ТЕХНОЛОГИИ» «АТОММАШ» В Г.ВОЛГОДОНСК  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»  
ВОЛГОДОНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ – филиал НИЯУ МИФИ



**ХІХ Международная научно-практическая конференция**  
**«БЕЗОПАСНОСТЬ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ»**  
**06-07 июня 2023 г.**  
**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**



Волгодонск

УДК 621.039.58 (063)

Б40

**Безопасность ядерной энергетики:** тезисы докладов XIX Международной научно-практической конференции, 06 – 07 июня 2023 г. / НИЯУ МИФИ [и др.]. – Волгодонск : ВИТИ НИЯУ МИФИ, 2023. – 141 с.

Сборник тезисов конференции составлен по материалам докладов XIX Международной научно-практической конференции «Безопасность ядерной энергетики». Целью конференции является обмен опытом и обсуждение актуальных научных вопросов, связанных с обеспечением безопасности АЭС на различных этапах жизненного цикла с учетом социокультурных, экономических и информационных аспектов.

ISBN 978-5-7262-2970-6

*Издается в авторской редакции*

©Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», 2023

Ответственный за выпуск *Т.С. Попова*

Подписано в печать 12.07.2023. Формат 60\*84 1/16  
Печ. л. 140 Тираж 200 экз.

---

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал  
Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»  
ИПС ВИТИ НИЯУ МИФИ  
347360, Россия, Ростовская обл., г. Волгодонск, ул. Ленина, 73/94.

# СОДЕРЖАНИЕ

## Секция

### ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС НА ВСЕХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

<b>Abu Ghazal A.A., Alakash R.M., Aljumaali Z.A., El-Sayed A.A.</b> Optimizing gamma-neutron shielding of polyvinylidene fluoride: a comprehensive analysis using EPIX, Phy-X/PSD, and MCNP5	6
<b>Абидова Е.А., Прыткова Д.А., Пугачёва О.Ю., Чернов А.В.</b> Анализ тепловизионных параметров оборудования АЭС с использованием комплексной автоматизированной системы	9
<b>Волуца А.В., Егоров М.Ю.</b> Расчет индукционной печи для технологии остекловывания высокоактивных отходов ядерной энергетики	11
<b>Дементьев С.С., Брызгалин Д.А., Кутейников П.Д.</b> Устройство мониторинга гололёдообразования на воздушных ЛЭП для резервного электропитания собственных нужд АЭС	13
<b>Калашников М.В., Никифоров В.Н., Микшин И.А.</b> Опыт разработки и поставки тренажёров для обучения настройке и диагностике электроприводной арматуры АЭС	16
<b>Лапкис А.А., Никифоров В.Н., Калашников М.В., Цыхлер Л.В.</b> Неиспользованный потенциал базовых испытаний электроприводов трубопроводной арматуры АЭС для решения задач оперативного дистанционного контроля её технического состояния	19
<b>Мозговой А.А., Рукин И.С., Лебедева А.В.</b> Подготовка к выполнению переключений на АЭС с применением риск-ориентированного подхода	21
<b>Музафаров А.Р., Савандер В.И.</b> Влияние типа выгорающего поглотителя на коэффициенты реактивности и эффективность аварийной защиты	24
<b>Никифоров В.Н., Лапкис А.А., Калашников М.В.</b> Цифровизация как путь повышения качества мониторинга технического состояния оборудования ядерных энергетических объектов	26
<b>Перепелицына А.В.</b> Обеспечение радиационной безопасности путём многоступенчатого контроля на этапе производства	29
<b>Плахотняя Д.П., Бобылев В.А., Сидорина У.А., Бураева Е.А.</b> Удельная активность радионуклидов в растительных объектах горных районов Республики Адыгея	31
<b>Ретунский Д.М., Сакерин А.О., Дюдяев И.А.</b> Анализ конкурентоспособности реактора типа ВВЭР на мировом рынке	34
<b>Ромашов С.И., Медуница В.А., Дюдяев И.А.</b> Анализ безопасности действующих АЭС с ВВЭР-1000	37
<b>Шаповалов Е.С., Бураева Е.А., Бобылев В.А.</b> Радиоактивность территорий Чертковского района Ростовской области	40
<b>Яуров С.В., Гусев И.Н.</b> Расчётное обоснование повышения эффективности системы технического водоснабжения путём увеличения количества постоянно работающих насосов системы подпитки градирен проекта АЭС-2006	42

## Секция

### СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ АЭС

<b>Киселев Александр С., Киселев Алексей С., Медведев В.Н., Стрижов В.Ф., Ульянов А.Н., Скорикова М.И.</b> Расчетный анализ динамического воздействия на защитную оболочку реакторного отделения АЭС обрыва напряженного арматурного каната	45
<b>Губеладзе О.А., Губеладзе А.Р.</b> Влияние ошибок строительства на безопасность АЭС	47
<b>Пимшина Т.М., Арсеньев Д.М., Пимшин И.Ю.</b> Исследование инструментальных погрешностей измерений превышений электронным нивелиром на разных частях штрих-кодовой рейки	49
<b>Анжеуров Д.С., Науменко Г.А.</b> Основные причины, влияющие на эксплуатационные характеристики зданий и сооружений	53

**Секция**  
**КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ТЕРРИТОРИЯХ ИХ**  
**РАСПОЛОЖЕНИЯ: СОЦИОКУЛЬТУРНЫЙ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ**

<b>Верстин Н.А.</b> Комплексная экспертиза проектов в энергетической сфере с учетом экологических и социокультурных аспектов	<b>56</b>
<b>Паринова Е.В., Гафури Н.М., Древалева О.А.</b> Социокультурные аспекты безопасности объектов ядерной энергетики на примере города Нововоронеж	<b>59</b>
<b>Игитхянн С.С., Цуверкалова О.Ф.</b> Формирование имущественных комплексов университетов на основе взаимодействия с организациями-работодателями энергетической отрасли	<b>62</b>
<b>Бакумцев Н.И.</b> Специальная Финансовая Операция (СФО), в контексте Перестройки Естествознания и экономики, тандем СФО + СВО	<b>65</b>
<b>Хухлаев Д.Г.</b> Актуализация маркетингового управления при реализации инновационных стратегий госкорпораций (на примере ГК «Росатом»)	<b>68</b>
<b>Головко М.В., Анцибор А.В., Рогачева Ж.С.</b> ESG-критерии инвестиций – «зеленый свет» новым трендам устойчивого развития предприятий Росатома	<b>71</b>
<b>Агапова С.П., Ухалина И.А., Ефименко Н.А.</b> Формирование у студентов компетенций по комплексной оценке эффективности мероприятий, обеспечивающих повышение энергоэффективности и энергосбережение на АЭС	<b>74</b>
<b>Волгина С.В., Довбыш В.Е.</b> Подготовка инженерных кадров в обеспечении технологического суверенитета России на примере ВИТИ НИЯУ МИФИ	<b>76</b>
<b>Шурпо Е.И.</b> Гарантии в системе безопасности ядерных объектов	<b>79</b>
<b>Локонова Е.Л., Железнякова А.В.</b> К вопросу о духовной безопасности как проекте формирования культуры безопасности будущего специалиста атомной отрасли	<b>81</b>
<b>Лобковская Н.И., Недорубов А.Н.</b> Современный европейский политический фундаментализм как угроза безопасности объектов атомной отрасли	<b>84</b>
<b>Попова Т.С., Попов А.А.</b> Особенности инвестиционной политики машиностроительного предприятия (на примере Филиала АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгоград)	<b>87</b>

**Секция**  
**ИЗГОТОВЛЕНИЕ И РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС**

<b>Гоок С.Э., Устюндаг О., Гуменюк А.В., Ретмайер М.</b> Гибридная лазерно-дуговая сварка толстостенных кольцевых швов: технология выполнения замыкающих участков	<b>91</b>
<b>Простотин И.Ю., Моисеенко А.А., Томилин С.А.</b> Совершенствование технологии обработки изготавливаемых из аустенитных нержавеющей сталей ответственных деталей внутрикорпусных устройств водо-водяных энергетических реакторов	<b>94</b>
<b>Подрезов Н.Н., Винныйчук В.А., Доронин Ю.В.</b> Мониторинг сварки под флюсом с помощью звукового сигнала	<b>95</b>
<b>Щербань А.С., Сурин В.И.</b> Представление результатов электрического контроля методом электрофизической хроматографии	<b>97</b>
<b>Гуро В.С., Павличенко А.В.</b> Практическое применение передовых технологий УЗК при изготовлении корпусного оборудования ЯЭУ	<b>100</b>
<b>Пабст М.А., Филинков А.О., Томилин С.А.</b> Внедрение односторонней разделки для сварки замыкающих швов парогенераторов ПГВ-1000 МКП на предприятиях холдинга АО «Атомэнергомаш»	<b>103</b>
<b>Мукасева А.А., Подрезов Н.Н.</b> Изготовление и ремонт модуля трубной системы конденсатора АЭС ВВЭР-1200	<b>104</b>
<b>Рогожникова А.И.</b> Повышение качества сварных соединений и сокращение цикла изготовления оборудования АЭС	<b>106</b>
<b>Родыгина К.С., Филинков А.О., Карташов А.Г., Томилин С.А.</b> Разработка технологии автоматической твердосплавной наплавки запорной арматуры	<b>109</b>
<b>Винныйчук В.А., Подрезов Н.Н., Доронин Ю.В.</b> Устойчивость процесса сварки под флюсом в режиме пульсирующей дуги	<b>111</b>
<b>Щербань А.С., Павличенко А.В.</b> Контроль сварных соединений из сталей аустенитного класса с использованием технологии фазированных решеток	<b>114</b>
<b>Карташов А.Г., Оржеховский С.В.</b> Выполнение кольцевых и продольных швов с помощью автоматической сваркой под слоем флюса	<b>116</b>

**Жидков М.Е., Моисеенко А.А., Томилин С.А.** Проблемы механической обработки деталей внутрикорпусных устройств реакторов типа ВВЭР и пути их решения **119**

**Секция**

**ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ**

**Амоан Р.А., Kuznetsov M.S., Semenov A.O.** Impact of varying triangular mesh-hole collimator geometry with Ra-226 measurements in alpha spectrometry **123**

**Атаманиук Р.Г., Зиновьев Д.А.** Цифровой оптико-электронный прибор контроля геометрических параметров обечаек **125**

**Проскуряков К.Н., Исмаил Р.М., Яковлев К.А., Пирогов И.Н., Сиваков Н.И.** Разработка методики расчета акустических характеристик компенсатора давления ВВЭР **128**

**Лачин В.И., Плотников Д.А., Муженко А.С., Дьяченко В.Б., Рарова Н.В.** Разработка имитационной модели модульной информационно-измерительной системы на базе интерфейса CAN FD **131**

**Попов В.М., Злобин А.Ю., Поваров П.В.** Система представления технологических параметров как средство подготовки исходных данных для работы полномасштабного тренажёра **134**

**Литвинов Ф.Б., Воробьёв Е.В., Хегай Л.С.** Разработка нейронной сети для обработки результатов тепловизионных обследований электроприводной арматуры АЭС **137**

**Клятецкий С.А., Марача В.Г., Цуверкалова О.Ф.** Концепция построения интеллектуальной информационной системы поддержки жизненного цикла АЭС **139**

---

---

**СЕКЦИЯ**

---

---

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС НА ВСЕХ ЭТАПАХ  
ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА**

УДК539.166

**Optimizing gamma-neutron shielding of polyvinylidene fluoride: a comprehensive analysis using EPIX, Phy-X/PSD, and MCNP5**

**A.A. Abu Ghazal<sup>1</sup>, R.M. Alakash<sup>2</sup>, Z.A. Aljumaili<sup>3</sup>, A.A. El-Sayed<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*Materials Laboratory, Jordan Atomic Energy Commission, Amman, Jordan*

<sup>2</sup>*Nuclear Engineering Department, Jordan University for Science and Technology, Irbid, Jordan*

<sup>3</sup>*Physics Department, Hashemite university, Zarqa, Jordan*

<sup>4</sup>*Department of Nuclear Engineering, Alexandria University, Alexandria, Egypt.*

<sup>1</sup>*e-mail: [ayman.abughazal@jaec.gov.jo](mailto:ayman.abughazal@jaec.gov.jo); <sup>2</sup>e-mail: [rawand.mazen10@gmail.com](mailto:rawand.mazen10@gmail.com)*

<sup>3</sup>*e-mail: [Zainab.aljumaili122@gmail.com](mailto:Zainab.aljumaili122@gmail.com); <sup>4</sup>e-mail: [eng-ahmed.ashref1520@alexu.edu.eg](mailto:eng-ahmed.ashref1520@alexu.edu.eg)*

**Abstract.** This study investigated the radiation shielding properties of polyvinylidene fluoride composites mixed with tungsten carbide, tungsten trioxide, and tungsten disulfide. The researchers used simulation tools to analyze parameters such as mass attenuation coefficients, linear attenuation coefficients, mean free path, and the fast neutron effective removal cross section. The results showed that polyvinylidene fluoride composites mixed with tungsten carbide exhibited the best radiation shielding properties, with lower mean free path values and higher effective atomic number. The addition of tungsten carbide, tungsten trioxide, and tungsten disulfide increased the fast neutron removal cross section, and the MCNP5 simulations demonstrated the attenuation of radiation in the polyvinylidene fluoride gradient materials. These findings suggest the potential of polyvinylidene fluoride composites for effective radiation shielding applications.

**Keywords:** gamma-neutron shielding properties, polyvinylidene fluoride, tungsten compounds.

Radiation protection are crucial in various fields due to the harmful effects of radiation. Shielding is the most effective method to reduce radiation exposure, but it is challenging to shield against gamma rays due to their high energy and penetration capabilities. Lead has traditionally been used for radiation shielding due to its high atomic number [1]. However, due to its hazardous effects and cost, alternative materials such as glass, concrete, steel, and polymers are being researched. The selection of protective materials should consider the nature of radiation and the mechanical and structural properties of the materials [2]. Radiation protection materials, including lead, concrete, and water barriers, are widely used in nuclear power plants and submarines to contain radiation and protect workers. The choice of materials for radiation protection depends on factors such as the type of radiation and its energy. Polyvinylidene fluoride (PVDF) is a specialized thermoplastic fluoropolymer with excellent resistance to solvents, acids, and hydrocarbons [3]. It is non-toxic, FDA-compliant, and used in various applications, including nuclear waste handling, chemical production, and boiler service pipe, where high temperatures, hot acids, and radiation are present. PVDF shows promise for radiation shielding purposes due to its resistance characteristics and high temperature thresholds.

This study investigates the effect of adding Tungsten Carbide, Tungsten trioxide, and Tungsten disulphide in different rate on the gamma-neutron shielding efficacy of PVDF. To assess the shielding efficacy, the EpiXS, Phy-X and MCNP5 simulation tools were used. The investigation conducted a thorough assessment of the effect of mixing WC, WO<sub>3</sub>, and WS<sub>2</sub> chemical compounds on the radiation shielding properties of PVDF with compositions of C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>F<sub>2</sub>. The study employed simulation tools, including EpiXS [4], Phy-X/PSD [5], and MCNP5. PVDF was mixed with WC, WO<sub>3</sub>, and WS<sub>2</sub> chemical compounds at graduated rates of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20%. The impact of each compound on the radiation shielding properties [6] of PVDF was studied independently, with the same graduated mixing rates. Phy-X/PSD software was used to calculate mass attenuation coefficients (MAC), which describes the



effectiveness of a material to absorb radiation and is dependent on the density of the sample and the energy of the incoming photons, and linear attenuation coefficients (LAC), which is obtained by multiplying the MAC with density, and is similar to the MAC, except density is taken into account. Other values can be obtained from these two parameters, such as the half value layer (HVL), which represents the thickness required for a material to reduce the intensity of incoming radiation in half, and the mean free path (MFP), which is average distance traveled by a photon in the medium before an interaction takes place. Thus, all the above parameters were simulated in the continuous standard energy region (0.001 MeV - 15000 MeV). Besides gamma radiation, neutron is also taken into account. Therefore, the fast neutron effective removal cross section ( $\Sigma_R$ ) has been simulated. The  $\Sigma_R$  is defined as the probability of a fast neutron to undergo its first collision with the nucleus of an interactive medium. In order to validate the obtained results, the windows-based application software EpiXS, based on EPICS2017 of ENDF/B-VIII and EPDL97 of ENDF/B-VI.8 photoatomic libraries, was used for MAC calculations. In order to ascertain the effectiveness of the material against gamma radiation, a program was used MCNP5 to calculate the GTF and MAC, where the material is considered as a multilayer material. The work on MCNP5 started with the preparation of the input file by using a 3D visual tool (*VisED*) in arranged steps. The determination of surfaces and cells to represent the dimension and geometry of the study case as the first step as in figure 1, where the geometry contains two lead collimators with the dimensions of  $21 \times 18 \times 4.5 \text{ cm}^3$  and  $21 \times 20 \times 4.5 \text{ cm}^3$  with holes along the same line with diameters of 1 cm were required to stream the radiations and prevent scattering, two wood holders to carry the radiation source and the 4 layers of sample disks for each case, and F8 tally cylindrical cell provides the energy distribution of pulses created in a detector by radiation. Consequently, the elemental compositions were calculated in each layer as an input for material cards in the side of densities. After the definition of surface, cell, and material cards, the materials were filled in cells with densities. The radiation source has been defined as a point monoenergetic photon source 21 cm away from the F8 tally cell and at the same line with holes, with the energy of 0.662 MeV and activity of  $1 \times 10^8$  disintegration/sec. The run has been completed 9 times before and after using the 4 layers of pure PVDF samples and 4 layers of PVDF-*x*WC to illustrate the GTF cumulatively after adding each layer. The errors obtained by MCNP5 were found less than 4%.

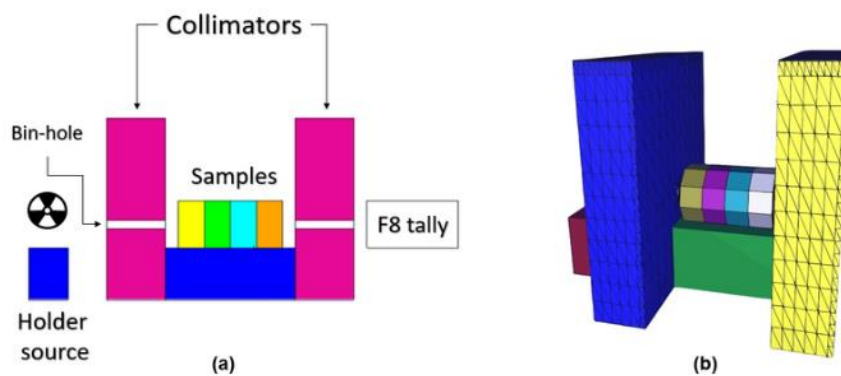


Figure 1 – Geometry view used for calculation GTF via MCNP5

The results describe a study on the radiation shielding properties of PVDF (Polyvinylidene fluoride) samples mixed with different percentages of WC (Tungsten Carbide),  $\text{WO}_3$  (Tungsten Trioxide), and  $\text{WS}_2$  (Tungsten Disulfide). The researchers calculated the radiation mass attenuation coefficients (MAC) for these samples at three energy levels: 0.0595 MeV, 0.662 MeV, and 1.333 MeV. The results were obtained using two simulation methods, Phy-X/PSD and EpiXS, and showed good agreement between the two. The MAC values decreased as the photon energy increased. However, when the concentration of WC,  $\text{WO}_3$ , or  $\text{WS}_2$  additives increased in the PVDF samples, the MAC values at 0.0595 MeV and 0.662 MeV increased. At 1.333 MeV, the MAC values decreased with increasing additive rates. The percentage changes in MAC values varied depending on the type and concentration of additives. WC additives resulted in

higher percentage changes compared to  $\text{WO}_3$  and  $\text{WS}_2$  additives. The study found that PVDF samples mixed with WC demonstrated the best radiation shielding properties compared to those mixed with  $\text{WO}_3$  and  $\text{WS}_2$ . The results also evaluated the mean free path (MFP), which represents the average distance between subsequent collisions, and the effective atomic number ( $Z_{\text{eff}}$ ), which indicates the shielding effectiveness. PVDF samples with 20% WC had the lowest MFP and the highest  $Z_{\text{eff}}$ , indicating better shielding properties. Additionally, the study examined the fast neutron removal cross-section (FNRCs), which measures the probability of a fast neutron undergoing its first collision with the nuclei of an interactive medium. Increasing the weight fraction percentage of WC,  $\text{WO}_3$ , and  $\text{WS}_2$  in PVDF samples led to an increase in FNRCs. PVDF samples mixed with WC had the highest FNRCs, indicating better shielding against fast neutrons. Furthermore, the researchers used MCNP5 simulations to analyze the energy distribution of radiation pulses in detectors with and without the PVDF and PVDF-xWC layers. The results showed that the attenuation of radiation occurred in the PVDF-xWC gradient materials. In summary, the study concluded that PVDF samples mixed with WC exhibited the best radiation shielding properties, while more amounts of  $\text{WO}_3$  and  $\text{WS}_2$  were required for improved shielding effectiveness. The findings provide insights into the potential applications of PVDF composites for radiation shielding purposes.

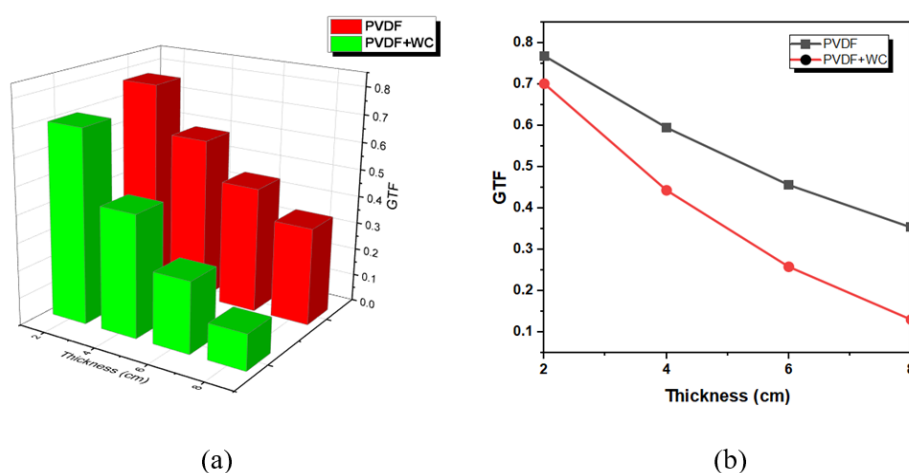


Figure 2 –Three-dimensional representation of Gamma transmission factor results (a) and two-dimensional results of Gamma transmission factor (b) for pure PVDF and PVDF + gradient percentage of WC

## REFERENCES

1. Kevin M. Burns, Jamie M. Shoag, Sukhraj S. Kahlon, Patrick J. Parsons, Polly E. Bijur, Benjamin H. Taragin, Morri Markowitz, Lead Aprons Are a Lead Exposure Hazard, *Journal of the American College of Radiology*, Volume 14, Issue 5, 2017, Pages 641-647, ISSN 1546-1440, <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2016.10.024>.
2. International Atomic Energy Agency, *Radiation Protection Aspects of Design for Nuclear Power Plants, Specific Safety Guides*, 2005.
3. Saxena, P., Shukla, P. A comprehensive review on fundamental properties and applications of poly (vinylidene fluoride) (PVDF). *Adv Compos Hybrid Mater* 4, 8–26 (2021). <https://doi.org/10.1007/s42114-021-00217-0>
4. Frederick C. Hila, Alvie Asuncion-Astronomo, Cheri Anne M. Dingle, Julius Federico M. Jecong, Abigaile Mia V. Javier-Hila, Mon Bryan Z. Gili, Charlotte V. Balderas, Girlie Eunice P. Lopez, Neil Raymund D. Guillermo, Alberto V. Amorsolo, EpiXS: A Windows-based program for photon attenuation, dosimetry and shielding based on EPICS2017 (ENDF/B-VIII) and EPDL97 (ENDF/B-VI.8), *Radiation Physics and Chemistry*, Volume 182, 2021, 109331, ISSN 0969-806X, <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2020.109331>.
5. Erdem Şakar, Özgür Fırat Özpolat, Bünyamin Alım, M.I. Sayyed, Murat Kurudirek, Phy-X / PSD: Development of a user friendly online software for calculation of parameters relevant to radiation shielding and dosimetry, *Radiation Physics and Chemistry*, Volume 166, 2020, 108496, ISSN 0969-806X, <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2019.108496>.
6. N. Nagaraja, H.C. Manjunatha, L. Seenappa, K.N. Sridhar, H.B. Ramalingam, Radiation shielding properties of silicon polymers, *Radiation Physics and Chemistry*, Volume 171, 2020, 108723, ISSN 0969-806X, <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2020.108723>.



## Анализ тепловизионных параметров оборудования АЭС с использованием автоматизированной системы

Е.А. Абидова, Д.А. Прыткова, О.Ю. Пугачёва, А.В. Чернов

НИИ АЭМ, Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия  
e-mail: [nii\\_energomash@mail.ru](mailto:nii_energomash@mail.ru)

**Аннотация.** Разработка системы тепловизионного контроля направлена на повышение качества диагностики оборудования и снижение вероятности внезапного отказа оборудования за счёт совершенствования процессов тепловизионного контроля. Оптимизация процессов термографического обследования оборудования АЭС достигается путём максимального исключения ручной обработки и методически обоснованной алгоритмизации анализа полученных термографических данных, что соответствует стратегической цели снижения себестоимости выработки электроэнергии.

**Ключевые слова.** Анализ термограмм, база данных, резервная дизельная электростанция, повышение качества диагностирования, уровень готовности технологии.

Система, предназначенная для оптимизации процессов термографического обследования оборудования АЭС (далее – Система) разрабатывается в рамках договора между НИЯУ МИФИ и ЧУ «Наука и Инновации» с испытаниями и внедрением на Ростовской АЭС [1]. Для формирования заключения о техническом состоянии обследуемой единицы оборудования разрабатываемая Система (рисунок 1) должна на основе базы диагностических признаков, сформированной для разных видов оборудования, автоматически выявлять на термограмме место возможного дефекта.

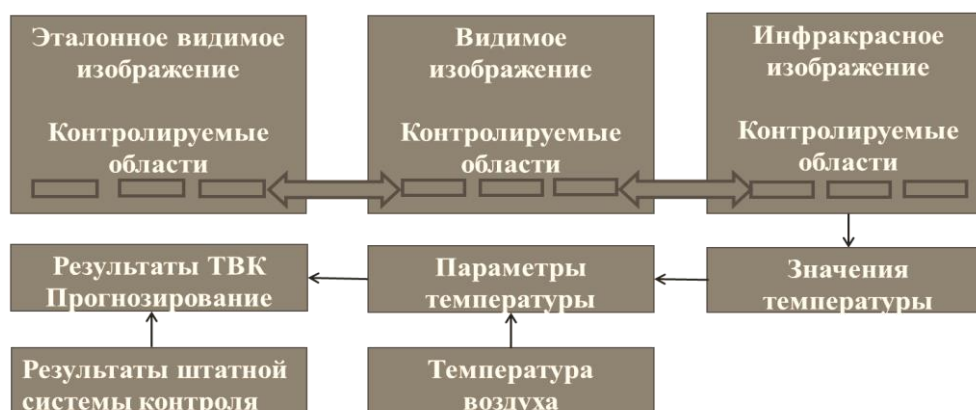


Рисунок 1 – Структура системы анализа и обработки термограмм

При регистрации термограмм Система извлекает из них термографическую информацию с сопутствующими данными (условиями тепловизионной съемки и параметрами настроек тепловизионного прибора) и сохраняет в своей внутренней базе данных. В процессе регистрации данных обеспечивается визуализация процесса тепловизионного контроля и возможность корректировки данных в случае необходимости.

Система работает с термографическими снимками, полученными с помощью приборов тепловизионного контроля различных типов [2]. Термограммы могут быть переданы в память Системы как непосредственно с тепловизора, так и из другого источника, например, удаленного сетевого хранилища.

База данных Системы заполнена результатами тепловизионного контроля оборудования Ростовской АЭС. Тестовые версии программного обеспечения и база

данных КАС ТВК переданы на Ростовскую АЭС для испытаний, использования в работе и дальнейшего усовершенствования.

Объектами обследования является разнообразное оборудование. На данном этапе апробация Системы была проведена при диагностике резервной дизельной электростанции РоАЭС. Особенностью апробации была возможность сравнения результатов термографирования с показаниями штатных приборов. Совместный анализ термографических параметров и показаний штатных приборов позволяет повысить качество диагностирования [3].

Например, анализ термограммы щеточно-коллекторного аппарата совместно с частотой вращения вала дизеля и мощностью генератора показал, что рост температуры связан с набросом частоты вращения дизеля и соответственно ростом частоты напряжения генератора, которые зафиксировала штатная система. Таким образом, подход дает возможность контролировать качество вырабатываемой электроэнергии. Аналогичный подход предполагается распространить на диагностику открытых распределительных устройств.

На примере обследования резервной дизельной электростанции наблюдается корреляция показателей штатной и разрабатываемой систем. Что, в частности, позволяет использовать КАС ТВК для контроля качества вырабатываемой электроэнергии, что дает возможность повышения готовности систем безопасности, а также КИУМ

В разработке Системы принимают участие специалисты с опытом работы в области диагностики оборудования АЭС более 40 лет, а также молодые специалисты и студенты. Результаты работы представлены как на международных конференциях, так и на студенческих

По итогам проекта планируется достижение седьмого уровня готовности технологии и шестой уровень готовности рыночных технологий. Это означает возможность создания на базе пилотной системы её усовершенствованных продуктов для продвижения на отечественном и зарубежном рынке. Возможность широкого внедрения разрабатываемого программного и методического обеспечения Системы обоснована патентной чистотой и положительными результатами апробации.

Достижение шестого уровня готовности технологии подтверждено в первую очередь демонстрацией работоспособности разрабатываемой системы в реальных производственных условиях. Результаты апробации отражены в соответствующих документах.

Предприятия контура АО «Концерн Росэнергоатом» заинтересованы в тиражировании Системы, поскольку Система обеспечивает снижение внеплановых простоев оборудования и позволяет повышать готовность систем безопасности и таким образом повышать КИУМ. Немаловажную роль играет положительная практика WANO, поскольку Система направлена на повышение безопасности АЭС за счет совершенствование качества диагностирования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка автоматизированной системы хранения и обработки результатов тепловизионного контроля оборудования АЭС. Абидова Е.А., Воробьев Е.В., Калашников М.В., Прыткова Д.А. Наука и инновации в современном мире: Сборник научных статей. Ч. IX/ Научный ред. канд.филол.н. Е.Н. Муратова. – М.: Издательство «Перо», 2021. 62-65 с.
2. Лапкис А.А. Расчетный метод контроля состояния электропривода запорной арматуры / Лапкис А.А., Швец Д.В., Абидова Е.А., Дембицкий А.Е. // Автоматизация в промышленности. 2022. – №1. – С. 45-50.
3. Цаплин А.Е. Совершенствование контроля узлов механической части электрического подвижного состава применением интеллектуальной системы тепловизионного контроля / А.Е. Цаплин, В.А. Васильев, С.А. Фомин // Известия Петербургского университета путей сообщений. – 2019. – № 2(16). – С. 268-274.

## Analysis of thermal imaging parameters of NPP equipment using an automated system

Abidova E.A., Prytkova D.A., Pugacheva O.Yu., Chernov A.V.

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI", Russia  
e-mail: [nii\\_energomash@mail.ru](mailto:nii_energomash@mail.ru)*

**Abstract.** The development of a thermal imaging control system is aimed at improving the quality of equipment diagnostics and reducing the likelihood of sudden equipment failure by improving thermal imaging control processes. Optimization of the processes of thermographic inspection of NPP equipment is achieved by eliminating manual processing as much as possible and methodically justified algorithmization of the analysis of the obtained thermographic data, which corresponds to the strategic goal of reducing the cost of electricity generation.

**Keywords:** Analysis of thermograms, database, backup diesel power plant, improvement of diagnostic quality, goth level.

УДК 621.039.7

### Расчет индукционной печи для технологии остекловывания высокоактивных отходов ядерной энергетики

А.В. Волуца<sup>1</sup>, М.Ю. Егоров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, Россия*

<sup>2</sup>*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет, Санкт-Петербург, Россия  
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, Россия*

<sup>1</sup>*e-mail: [volutca27@mail.ru](mailto:volutca27@mail.ru)*

<sup>2</sup>*e-mail: [mikhail.yu.egorov@gmail.com](mailto:mikhail.yu.egorov@gmail.com)*

**Аннотация.** Проведено два электрических расчета индукционной установки для остекловывания жидких радиоактивных отходов. Под индукционной установкой понимают весь комплекс устройств, обеспечивающих осуществление электротермического процесса. Индукционная установка состоит из индукционной печи, системы охлаждения и системы управления. Система охлаждения помогает поддерживать температуру печи в заданных пределах, предотвращая перегрев. Она также охлаждает индуктор, чтобы избежать перегрева и повреждения. Система управления – это компьютерная система, которая управляет процессом плавки металла, контролирует температуру и другие параметры печи. Главной частью установки является индукционная печь. Для остекловывания жидких радиоактивных отходов используется печь с холодным тиглем. В качестве жидких радиоактивных отходов рассмотрены высокоактивные трансурановые радионуклиды. На 250 кг расплава приходится 50 кг отходов с активностью  $10^5$  кБк/кг. В ходе расчета были приняты характеристики, которые соответствуют ГОСТУ EN 1748-1-1-2016.

**Ключевые слова:** тепловые потери, индукционная печь с холодным тиглем, электрический расчет, коэффициент полезного действия, мощность, производительность.

Жидкие радиоактивные отходы – это ядерные отходы, которые образуются в результате эксплуатации атомных электростанций. Для захоронения ЖРО используется технология остекловывания, в которой применяется индукционная печь с холодным тиглем, представленная на рисунке 1 [1].

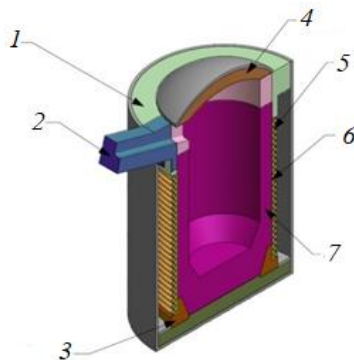


Рисунок 1 – Индукционная печь с холодным тиглем: 1 – верхняя крышка; 2 – носик; 3 – подина; 4 – корпус; 5 – индуктор; 6 – тигель; 7 – футеровка тигля

В таблице 1 исходные данные для оптимизационного расчета индукционной печи с холодным тиглем.

Таблица 1 – Исходные данные

Характеристики	Значение
Температура плавления, °С	820
Температура разливки, °С	1245
Теплосодержание/(энтальпия) в расплавленном состоянии Дж/кг, (кВт·ч/кг)	505,2·10 <sup>3</sup> /0,14
Удельное сопротивление в холодном состоянии, Ом·м	55·10 <sup>-3</sup>
Удельное сопротивление в расплавленном состоянии, Ом·м	35·10 <sup>-3</sup>
Плотность при температуре разливки, кг/м <sup>3</sup>	1400
Относительная магнитная проницаемость шихты	0,999987
Температура загружаемой шихты, °С	18
Емкость тигля, кг	250

После расчета содержание концентрата в стекломатрице в перерасчете на сухой остаток составило до 30 масс.%. А скорость выщелачивания радионуклидов ~10<sup>-5</sup> г/см<sup>2</sup>сут, что соответствует требованиям к химической устойчивости остеклованных высокоактивных отходов. Основные характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные характеристики индукционной тигельной печи

Характеристики	Единицы измерения	Значение
Ёмкость ИТП	т	0,25
Мощность ИТП	кВт	14,8
Мощность установки	кВт	16,3
Напряжение	В	800
Частота	кГц	720
Производительность ИТП	т/ч	0,083
КПД установки		0,82
Удельный расход электроэнергии	кВт·ч/т	0,172

Для сравнения в таблице 3 представлены характеристики установки «Расплав-Стекло», созданной для отработки существующих и разработки новых технологий остекловывания радиоактивных отходов в НИТИ [2].

Таблица 3 – Основные характеристики установки «Расплав-стекло».

Характеристики	Единицы измерения	Величина
Установленная мощность	кВт	160
Частота тока при нагреве	МГц	0,44
Масса расплава в тигле	кг	до 200
Температура расплава	°С	до 1500
Содержание концентрата в стекломатрице	масс. %	до 30
Состав расплава		Фосфатные и боросиликатные стекла + продукты деления

Оптимизационный расчет индукционной установки показал, что была принята масса расплава 250 кг, что больше, чем в рассматриваемой установке «Расплав-стекло». Это привело к незначительному увеличению диаметра тигля и к значительному увеличению частоты. Так как значение частоты источника округляется до стандартных, больших неудобств это не приносит. Также, можно заметить, что требуется меньшая мощность, что решает проблемы с расходом электроэнергии.

Производительность рассчитанной установки равна 0,083 т/ч, а КПД равен 82%. Тепловые потери индукционной установки составили 2080,06 Вт. Самая большая часть тепловых потерь уходит на излучение зеркалом ванны (788,6 Вт).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сайт «База технических требований»: Технические требования для боросиликатного стекла. URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293745/4293745984.htm> (дата обращения :01.05.2023)
2. Сайт "НИТИ РОСАТОМ": Генерация электроэнергии. URL: <https://rosatom.ru/production/generation/> (дата обращения : 01.05.2023)

### Calculation of glazing technology for high-level nuclear waste

A.V.Volutsa<sup>1</sup>, M.Yu.Egorov<sup>2</sup>

*Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint-Petersburg, Russia*

<sup>1</sup>*e-mail: [volutsa27@mail.ru](mailto:volutsa27@mail.ru)*

<sup>2</sup>*e-mail: [egorov@guap.ru](mailto:egorov@guap.ru)*

**Abstract.** In the course of the work, two electrical calculations of the induction plant for vitrification of LRW were carried out, taking into account real heat losses and theoretical ones, with heat losses of 10% of the useful power of the furnace. Under the induction plant is understood the whole complex of devices that ensure the implementation of the electrothermal process. An induction furnace is a part of an in-duction installation, including an inductor, frame, melting chamber, etc. Highly active transuranium radionuclides are considered as LRW. For 250 kg of melt, there are 50 kg of waste with an activity of  $10^5$  kBq/kg. During the calculation, characteristics were taken that correspond to GOST EN 1748-1-1-2016.

**Keywords:** Thermal loss, cold crucible induction furnace, electrical calculation, efficiency, power, productivity.

УДК 621.315.175: 621.311.25

### Устройство мониторинга гололёдообразования на воздушных ЛЭП для резервного электропитания собственных нужд АЭС

С.С. Дементьев<sup>1</sup>, Д.А. Брызгалин<sup>2</sup>, П.Д. Кутейников<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>*Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия*

<sup>3</sup>*Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия*

<sup>1</sup>*e-mail: [c165tc34@yandex.ru](mailto:c165tc34@yandex.ru)*

<sup>2</sup>*e-mail: [brizgalin.dmitri@mail.ru](mailto:brizgalin.dmitri@mail.ru)*

<sup>3</sup>*e-mail: [suhanov.pavel@inbox.ru](mailto:suhanov.pavel@inbox.ru)*

**Аннотация.** В работе рассматривается проблема обеспечения надёжности резервного электропитания собственных нужд атомных электростанций по воздушным линиям электропередачи энергосистемы. Отмечается важность надёжного электропитания собственных нужд электростанций в чрезвычайных ситуациях. Указываются причины высокой аварийности воздушных линий электропередачи. Рассматривается возможность повышения надёжности воздушных линий посредством внедрения устройств для дистанционного мониторинга веса гололёдных отложений на проводах. Предлагается устройство мониторинга гололёдообразования, которое монтируется на проводе линии и использует датчики наклона и температуры провода. Рассматривается принцип действия устройства. Подчёркивается высокая функциональность предлагаемого устройства, которое обеспечивает

косвенное измерение веса гололёдных отложений, а также осуществляет прогнозирование их формирования.

**Ключевые слова:** собственные нужды атомной электростанции, надёжность эксплуатации электростанций, резервирование электропитания собственных нужд, воздушные линии электропередачи, гололёдные аварии на ЛЭП, диагностика гололёдообразования, дистанционные измерения, удалённая диагностика энергообъектов.

Надёжность электропитания собственных нужд атомной электростанции имеет особое значение ввиду первостепенной задачи по обеспечению безопасной эксплуатации станции в любых условиях, в том числе чрезвычайных. В практике строительства и эксплуатации современных АЭС предусматривается несколько типов резервных источников электропитания, как правило, подразумевающих отбор мощности от турбогенераторов станции, использование вспомогательных дизель-генераторов, а также получение электроэнергии из энергосистемы по воздушным линиям электропередачи [1].

Стоит отметить, что воздушные ЛЭП являются наиболее уязвимым элементом электрической сети ввиду объективной восприимчивости к воздействию внешней среды. Это проявляется посредством множества аварий ЛЭП по причине формирования гололёдных отложений на проводах. Острота данной проблемы подтверждается уже тем, что недоотпуск электроэнергии, связанный с обрывом проводов в гололёдный период, составляет более 60 % от общегодового [2-4]. Следовательно, высокая аварийность воздушных линий вследствие проблемы гололёдообразования при неблагоприятном стечении обстоятельств может стать одним из факторов, снижающих степень резервирования электропитания собственных нужд АЭС.

На сегодняшний день диагностика гололёдообразования на воздушных линиях по-прежнему выполняется преимущественно визуальным способом при объездах трасс воздушных ЛЭП персоналом компании-оператора сети. Недостатки данного метода очевидны, в силу чего предлагается устройство для дистанционного мониторинга гололёдообразования, структурная схема которого приведена на рисунке 1.

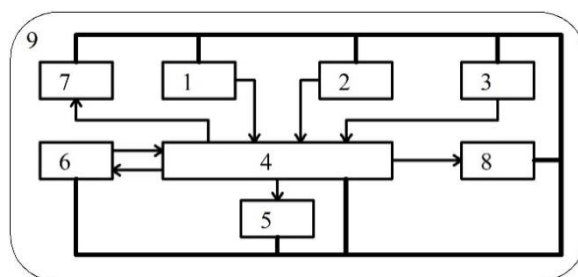


Рисунок 1 – Структурная схема устройства мониторинга гололёдообразования:

- 1 – датчик температуры провода, 2 – инклинометр, 3 – датчик температуры и влажности воздуха, 4 – микроконтроллер, 5 – GPRS-модуль, 6 – интерфейсный модуль для перепрограммирования, 7 – дисплейный модуль, 8 – модуль электропитания, 9 – корпус

Принцип действия устройства заключается в применении двухосевого датчика наклона (инклинометра) 1. Устройство, монтируемое на проводе воздушной ЛЭП в нескольких метрах от начала пролёта, будет оказываться под разным углом наклона к горизонтали по мере изменения провисания провода, что и фиксируется инклинометром с учётом отклонения провода под воздействием ветра (по двум осям). Для сепарации деформации провода, связанной с изменением его нагрева (изменение наклона устройства к горизонтальной плоскости при увеличении провисания провода, вызванного гололёдообразованием и нагревом показано на рисунке 2), в конструкцию устройства также введён соответствующий датчик температуры 2, при этом условия для начала формирования гололёдных отложений могут быть зафиксированы комбинированным датчиком температуры и влажности воздуха 3 посредством расчёта и сравнения величин точек росы и десублимации с температурой поверхности провода. Обработка данных с



датчиков 1-3 осуществляется микроконтроллером 4, обеспечивающим расчёт толщины стенки гололёдной муфты эквивалентной цилиндрической формы и передачу информации на терминал диспетчера сети при помощи GPRS-модуля в формате SMS-сообщений.

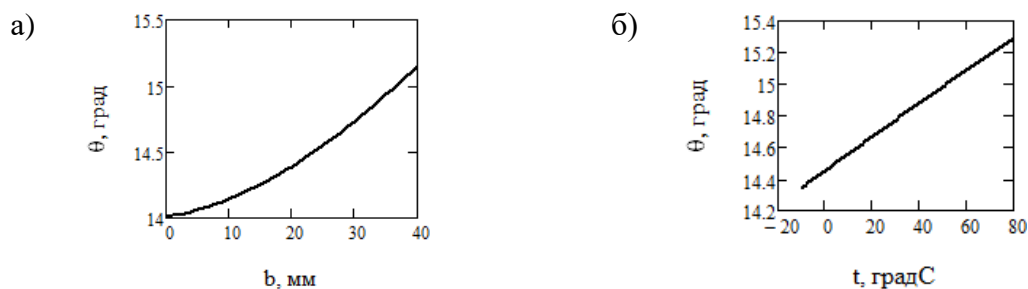


Рисунок 2 – Изменение наклона устройства к горизонтальной плоскости при нарастании толщины гололёдной муфты  $b$  (а) и увеличении температуры провода (б)

Предлагаемое устройство может найти применение на линиях любых классов напряжений. Внедрение же данного устройства позволит упростить процедуру диагностики ЛЭП, кардинальным образом повысить достоверность и объём получаемых данных, снизить количество перестраховочных и упреждающих плавок гололёда, которых в среднем проводится в 8-10 раз больше необходимого [5].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов, Э. Надёжность питания собственных нужд АЭС «Козлодуй» / Э. Борисов // Атоминфо – 2011. – URL: <http://www.atominfo.ru/news9/i0228.htm> (дата обращения : 17.05.2023).
2. Башкевич В.Я. Мониторинг воздушных линий электропередачи, эксплуатируемых в экстремальных метеоусловиях: монография / В.Я. Башкевич [и др.] – Саратов : Саратовский гос. техн. университет, 2013. – 244 с.
3. Левченко И.И. Диагностика, реконструкция и эксплуатация воздушных линий электропередачи в гололёдных районах: монография / И.И. Левченко [и др.] – Москва : Московский энергетический институт, 2007. – 448 с.
4. Минуллин Р.Г. Обнаружение гололёдных образований на линиях электропередачи локационным зондированием: монография / Р.Г. Минуллин – Казань : Казанский гос. энерг. университет, 2010. – 208 с.
5. Шилин А.Н. Приборы контроля и диагностики в электроэнергетике / А.Н. Шилин [и др.] – Волгоград : Волгоградский гос. техн. университет, 2017. – 131 с.

### Device for monitoring ice formation on overhead power lines for backup power supply for auxiliary needs of nuclear power plants

S.S.Demytyev<sup>1</sup>, D.A.Bryzgalin<sup>2</sup>, P.D.Kuteinikov<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

<sup>3</sup>National Research University MPEI, Moscow, Russia

<sup>1</sup>e-mail: [c165tc34@yandex.ru](mailto:c165tc34@yandex.ru)

<sup>2</sup>e-mail: [brizgalin.dmitri@mail.ru](mailto:brizgalin.dmitri@mail.ru)

<sup>3</sup>e-mail: [suhanov.pavel@inbox.ru](mailto:suhanov.pavel@inbox.ru)

**Abstract.** The paper considers the problem of ensuring the reliability of the backup power supply for the auxiliary needs of nuclear power plants through overhead power lines of the power system. The importance of reliable power supply for the own needs of power plants in emergency situations is noted. The reasons for the high accident rate of overhead power lines are indicated. The possibility of increasing the reliability of overhead lines through the introduction of devices for remote monitoring of the weight of ice deposits on the wires is being considered. A device for monitoring ice formation is proposed. It is mounted on the line wire and uses tilt and wire temperature sensors. The principle of operation of the device is considered. The high functionality of the proposed device is emphasized, because the device provides an indirect measurement of the weight of ice deposits, predicts the formation of deposits.

**Keywords:** auxiliary needs of a nuclear power plant, reliability of operation of power plants, redundancy of auxiliary power supply, overhead power lines, ice accidents on power lines, icing diagnostics, remote measurements, remote diagnostics of power facilities.

## Опыт разработки и поставки тренажеров для обучения настройке и диагностике электроприводной арматуры АЭС

М.В. Калашников, В.Н. Никифоров, И.А. Микшин<sup>1</sup>

*НИИ АЭМ, Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*  
<sup>1</sup>*e-mail: nii\_energomash@mail.ru*

**Аннотация.** В статье описан опыт разработки и поставки тренажеров для обучения методам настройки и диагностики электроприводной арматуры, применяемой на АЭС. Приведен ориентировочный состав технических средств, входящих в тренажёр, обоснованы его технические характеристики, описан имеющийся в ВИТИ НИЯУ МИФИ опыт применения подобных тренажеров. Тренажёр для обучения должен включать в себя гидравлический стенд, позволяющий имитировать реальные производственные условия эксплуатации и возможные дефекты электроприводной арматуры АЭС, а также приборный парк и методическое обеспечение, применяемые на АЭС для настройки и диагностики. Обучение методам и приемам настройки и диагностики с их практической отработкой на тренажёре позволит повысить качество технического обслуживания и диагностического сопровождения эксплуатации электроприводной арматуры АЭС.

**Ключевые слова:** тренажёр, настройка, техническая диагностика, электроприводная арматура, электропривод, дефект, гидравлическая петля, ремонт, ТОиР.

На атомных электростанциях (АЭС) применяется значительное количество электроприводной арматуры (ЭПА), поэтому имеется потребность в разработке и внедрении в процесс подготовки персонала АЭС технических средств обучения (ТСО), предназначенных для получения и совершенствования навыков выполнения работ по настройке и диагностике ЭПА.

Тренажеры для обучения специалистов должны быть разработаны таким образом, чтобы с их помощью можно было моделировать процессы, протекающие при выполнении работ ТОиР, соответствующие реальным процессам, происходящим на АЭС, а также моделировать наиболее распространенные дефекты электроприводной арматуры.

В 2016 г. по запросу учебно-тренировочного подразделения (УТП) Ростовской АЭС был разработан и поставлен тренажёр по настройке моментных муфт, концевых выключателей и контролю технического состояния запорной и регулирующей арматуры. Полученный опыт был успешно применён в 2017 году, когда в рамках научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы (НИОКР) был разработан экспериментальный стенд, представляющий собой замкнутую систему трубопроводов с возможностью установки запорной и регулирующей арматуры, позволяющий смоделировать работу ЭПА в условиях, приближенных к условиям эксплуатации на АЭС. В 2018 году для собственных нужд ВИТИ НИЯУ МИФИ был разработан стенд «гидравлическая петля», который успешно применяется как для обучения, так и для исследовательских целей. В частности, на стенде «гидравлическая петля», разрабатываются технические средства и методические материалы для диагностики состояния запорной и запорно-регулирующей арматуры, отрабатываются методы и способы настройки электроприводов, применяемых на АЭС. Наличие значительного накопленного опыта позволило в 2022 году по заказу Нововоронежского филиала Технической академии Росатома разработать, изготовить и поставить для использования в качестве ТСО подготовки персонала АЭС тренажёр (рисунок 1), дополненный приборным парком и учебно-методическими материалами, который позволяет проводить обучение по следующим основным направлениям:

- определение технического состояния трубопроводной арматуры и насосного оборудования;
- контроль протечек через запорный орган;

- способы определения технического состояния трубопроводной арматуры и насосного оборудования;
- настройка моментных муфт и концевых выключателей электроприводной арматуры (ЭПА);
- восстановление работоспособности оборудования АЭС и практическое применение эксплуатационной и ремонтной документации



Рисунок 1 – Тренажер Нововоронежского филиала Технической академии Росатома

Таким образом, анализ процессов эксплуатации ЭПА и опыт разработки и поставки ТСО позволил сформировать типовой состав тренажера для обучения методам настройки и диагностики электроприводной арматуры, применяемой на АЭС:

1) гидравлический стенд для моделирования технологических процессов, позволяющий имитировать режимы работы и типовые дефекты ЭПА, включающий:

- основные типы трубопроводной арматуры и электроприводного оборудования, применяемой на АЭС;
- систему трубопроводов с манометрами для наблюдения за параметрами рабочей среды и ручной арматурой для перекрытия потоков;
- бак с нагревательным элементом рабочей среды;
- насос для работы в рабочем режиме;
- насос для опрессовки стенда;
- регулятор давления и фильтр очистки рабочей среды;

2) электрооборудование для питания и управления стендом, включающее:

- вводной шкаф электропитания стенда;
- шкафы управления 3-х фазными электроприводами;
- комплект соединительных кабелей и заземляющих проводов для подключения электроприводов к шкафам управления;

3) переносные устройства для притирки рабочих органов задвижек и запорных клапанов без удаления их из трубопровода;

4) стенд контроля параметров электроприводной арматуры «Крона-517» с возможностью регистрации:

- питающего напряжения и токов статора с 3-х фаз;
- электрических сигналов с моментных и концевых выключателей;

5) акустико-эмиссионная система «Юнископ» и оборудование для имитации протечек (проставки для установки в клапан);

б) вспомогательное оборудование, включающее:

- рабочее место для разборки-сборки ЭПА;
- рабочее место оператора-диагноста;

- слесарный и измерительный инструмент, необходимый для разборки/сборки и настройки ЭПА;
  - грузоподъемные приспособления, необходимые для снятия/установки ЭПА;
- 7) учебно-методические материалы, включающие:
- учебные пособия;
  - руководства инструкторов;
  - программы обучения;
  - каталог основных дефектов трубопроводной арматуры в соответствии с МТ 1.2.3.02.999.0085-2010;
  - визуализация дефектов в соответствии с МТ 1.2.3.02.999.0085-2010;
  - учебные слайды;
  - видеоуроки (видеоподкасты);
- 8) эксплуатационная документация, включающая:
- паспорт на тренажёр;
  - руководство по эксплуатации тренажёра.

В настоящее время НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ по заказу АО «Русатомсервис» разрабатывает тренажёр для оснащения учебно-тренировочного подразделения АЭС Аккую, в котором будет учтён опыт предыдущих разработок.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слепов М.Т., Сысоев Н.П. Диагностика ЭПА - опыт работы Нововоронежской АЭС // Глобальная ядерная безопасность. 2014. №2 (11). с. 79-85
2. МТ 1.2.3.02.999.0085-2010 «Диагностирование трубопроводной арматуры. Методика», НИИ «Энергомашиностроения», 2010. - 127с
3. СТО 1.1.1.01.004.0680-2006 Технические средства обучения. АО «Концерн Росэнергоатом». Стандарт организации.
4. СТО 1.1.1.01.004.1661-2019 Учебно-методические материалы для проведения профессиональной подготовки работников. АО «Концерн Росэнергоатом». Стандарт организации.
5. СТО 1.1.1.02.002.1857-2021 Техническое диагностирование электроприводной трубопроводной промышленной арматуры на энергоблоках атомных станций. АО «Концерн Росэнергоатом». Стандарт организации.

### **Experience in the development and supply of simulators for training in adjustment and diagnosis of npp electric drive valves**

**V.N.Nikiforov, M.V.Kalashnikov, I.A.Mikshin <sup>1</sup>**

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI", Russia  
<sup>1</sup>e-mail: nii\_energomash@mail.ru*

**Abstract.** The article describes the experience of developing and supplying simulators for teaching methods for setting up and diagnosing electric valves used at nuclear power plants. The approximate composition of the technical means included in the simulator is given, its technical characteristics are substantiated, and the experience of using such simulators available at VITI NRNU MEPhI is described. The training simulator should include a hydraulic stand that allows simulating real production operating conditions and possible defects in NPP electric actuators, as well as instrumental and methodological support used at NPPs for tuning and diagnostics. Training in methods and techniques of adjustment and diagnostics with their practical development on the simulator will improve the quality of maintenance and diagnostic support for the operation of NPP electric actuators.

**Keywords:** simulator, setup, technical diagnostics, electric fittings, electric drive, defect, hydraulic loop, repair, MRO.

## Неиспользованный потенциал базовых испытаний электроприводов трубопроводной арматуры АЭС для решения задач оперативного дистанционного контроля её технического состояния

А.А.Лапкис, В.Н.Никифоров, М.В.Калашников, Л.В.Цыхлер<sup>1</sup>

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

*<sup>1</sup>e-mail: nii\_energomash@mail.ru*

**Аннотация.** В докладе проанализирован новый стандарт АО «Концерн Росэнергоатом» по техническому диагностированию электроприводной трубопроводной арматуры. Предложен усовершенствованный способ проведения базовых испытаний электроприводов и проект многоканального измерительного устройства для тарировки моментных выключателей непосредственно по месту эксплуатации ЭПА с синхронной записью значений реальных токовых (мощностных) параметров, обеспечивающих штатную реализацию циклов «прокрутки» арматуры. Предложен способ дистанционного контроля реализуемых значений крутящего момента, заключающийся в использовании соответствующих значений токовых (мощностных) параметров, зарегистрированных в процессе проведения базовых испытаний с тарировкой моментных выключателей непосредственно по месту эксплуатации ЭПА. Разработана оснастка для установки аттестованного датчика момента на период проведения базовых испытаний приводов по месту эксплуатации ЭПА. С учётом результатов экспериментальных исследований, полученных НИИ атомного энергетического машиностроения ВИТИ НИЯУ МИФИ, подтверждены преимущества проведения базовых испытаний электроприводов запорно-регулирующей трубопроводной арматуры с тарировкой моментных выключателей по месту её эксплуатации.

**Ключевые слова:** трубопроводная арматура, электропривод, АЭС, техническая диагностика, базовые испытания, крутящий момент.

Статистика эксплуатационных дефектов электроприводной арматуры (ЭПА) АЭС, говорит, что в значительной мере их возникновение обусловлено некорректной настройкой моментных и концевых выключателей привода. К такого рода дефектам относятся негерметичность затвора, нарушения геометрии и целостности элементов деталей затвора и запорного органа, повреждения ходовых узлов и другие механические дефекты. При этом крутящий момент привода ЭПА, находящейся в эксплуатации, можно оценить только косвенно – по электрическим параметрам [1-3]

В 2022 г. введён стандарт АО «Концерн Росэнергоатом» [4], предписывающий проведение базовых испытаний приводов ЭПА с тарировкой моментных выключателей на специальных стендах (рисунок 1а).

Особенностью проведения базовых стендовых испытаний являются:

- организация специализированного помещения для проведения стендовых испытаний электроприводов ЭПА;

- наличие штатного персонала, обеспечивающего техническое обслуживание специализированного стенда;

- задействование ремонтного персонала АЭС для выполнения монтажных и наладочных работ при транспортировке электроприводов на стендовый участок для последующего проведения базовых испытаний, по завершению которых эти привода должны быть доставлены, установлены и налажены на местах эксплуатации ЭПА;

- наличие аттестованного персонала, обеспечивающего качественное проведение стендовых базовых испытаний приводов ЭПА в условиях АЭС;

- невозможность имитации в стендовых характера передачи крутящего момента от привода рабочему органу ЭПА, присущего конкретному месту установки ЭПА в технологических системах АЭС.



а б  
Рисунок 1 – Базовые испытания привода на стендах

При базовых испытаниях на стенде определяют калибровочную характеристику, по которой в дальнейшем вычисляют крутящий момент привода по его электрической мощности, определяемой при диагностировании [4]. Исследования, проведенные специалистами НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ [5] показали, что проведение базовых испытаний электроприводов непосредственно по месту эксплуатации позволяет выявить влияние инерционных и жесткостных свойств ЭПА на характер значений крутящего момента, передаваемого от электропривода ходовому узлу арматуры. В настоящее время это влияние не учитывается ни при испытаниях, ни при проектировании запорной арматуры (в методиках СТ ЦКБА 003, СТ ЦКБА 120).

Поэтому целесообразно проводить базовые испытания по месту эксплуатации ЭПА, а датчик крутящего момента устанавливать в разрыв кинематической цепи «Привод – арматура», как показано на рисунке 1б.

Такое испытание позволит совместить проведение базовых испытаний и технического диагностирования ЭПА. Таким образом, АЭС сэкономит время на транспортировку привода на стенд и получит результат с более высокой точностью.

Неоспоримыми преимуществами проведения базовых испытаний электроприводов трубопроводной арматуры по месту её эксплуатации являются:

- улучшение качества тарировки моментных выключателей;
- возможность проведения дистанционного контроля текущих значений крутящего момента, реализуемых электроприводами ЭПА;
- возможность оперативного дистанционного выявления дефектов ходовых узлов ЭПА на более ранней стадии их развития;
- значительное сокращение времени на выполнение транспортно-технологических операций при проведении базовых стендовых испытаний электроприводов ЭПА;
- снижение финансовых затрат на поддержание эксплуатационной надёжности ЭПА.

В настоящее время НИЯУ МИФИ разрабатывает в интересах АО «Концерн Росэнергоатом» многоканальный измерительный комплекс для одновременной регистрации электрических сигналов привода, предусмотренных [3], и крутящего момента. Для установки датчика крутящего момента между арматурой и электроприводом применяется специально разработанная оснастка. К настоящему моменту разработан ряд комплектов оснастки для приводов с присоединительными размерами, соответствующими



ГОСТ 34287-2017. Пример такой оснастки для привода присоединением типа Б показан на рисунке 16.

Внедрение предлагаемого усовершенствованного способа проведения базовых испытаний требует решения ряда научно-технических и организационных задач таких, как:

- расширенная апробация математической модели, учитывающей фактические свойства системы «Арматура + привод»;
- оценка прочности трубопровода под действием нагрузок от дополнительно устанавливаемой оснастки;
- разработка и утверждение методики диагностики и тарировки ограничителей крутящего момента приводов трубопроводной арматуры.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слепов М.Т., Сысоев Н.П. Диагностика ЭПА - опыт работы Нововоронежской АЭС // Глобальная ядерная безопасность. 2014. №2 (11). с. 79-85
2. Синельщиков П.В., Бабенко Р.Г. Расчет крутящего момента электроприводной арматуры по сигналам тока и напряжения // Глобальная ядерная безопасность. 2014. №4 (13).с. 28-31.
3. МТ 1.2.3.02.999.0085-2010 «Диагностирование трубопроводной арматуры. Методика», НИИ «Энергомашиностроения», 2010. - 127с
4. СТО 1.1.1.02.002.1857-2021 Техническое диагностирование электроприводной трубопроводной промышленной арматуры на энергоблоках атомных станций. АО «Концерн Росэнергоатом». Стандарт организации.
5. Лапкис А.А., Швец Д.В., Абидова Е.А., Дембицкий А.Е. Расчетный метод контроля состояния электропривода запорной арматуры. Автоматизация в промышленности. 2022. № 1. С. 45-50. DOI: 10.25728/avtprom.2022.01.10

### Combining basic tests of the electric drive with technical diagnostics of the valve at the place of its operation

**A.A. Lapkis, V.N. Nikiforov, M.V. Kalashikov, L.V. Tsykhler<sup>1</sup>**

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI", Russia  
<sup>1</sup>e-mail: nii\_energomash@mail.ru*

**Abstract.** The report analyzes the new standard of Rosenergoatom Concern JSC for technical diagnostics of electric drive valves. An improved method of electric drives basic tests conducting and a project of a multi-channel measuring device for calibration of torque switches directly at the valve operation site with synchronous recording of the values of real current (power) parameters that ensure the regular implementation of valve testing cycles are proposed. A method of remote control of the realized torque values is proposed, which consists in using the corresponding values of current (power) parameters recorded during basic tests with calibration of torque switches directly at the place of operation of the EPA. The equipment for the installation of a certified torque sensor has been developed. for the period of conducting basic tests of drives at the place of operation of the EPA. Taking into account the results of experimental studies obtained by the Research Institute of Nuclear Power Engineering of VITI MEPhI, the advantages of conducting basic tests of electric actuators of shut-off and control valves with calibration of torque switches at the place of operation are confirmed. эксплуатации.

**Keywords:** pipeline valves, electric drive, NPP, technical diagnostics, basic tests, torque.

УДК 621.311.25: 005.334

### Подготовка к выполнению переключений на АЭС с применением риск-ориентированного подхода

**А.А. Мозговой<sup>1</sup>, И.С. Рукин<sup>2</sup>, А.В. Лебедева<sup>3</sup>**

*<sup>1,2,3</sup>Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция», Нововоронеж, Россия  
<sup>1</sup>e-mail: AAMozgovoii@mephi.ru*

**Аннотация.** Приводится описание системы предупреждения повторения негативного опыта эксплуатации, разработанной на Нововоронежской АЭС, которая используется при подготовке к выполнению переключений на оборудовании. Рассматриваются предложения по её дальнейшему усовершенствованию с учётом рекомендаций международного агентства по атомной энергии.

**Ключевые слова:** риск, подготовка к выполнению переключений, негативный опыт эксплуатации, дифференцированный подход, нарушения, риск-менеджмент, риск-ориентированный, эксплуатация АЭС, менеджмент качества, НДП.

Актуальность данной работы обусловлена тем, что руководством концерна «Росэнергоатом» уделяется особое внимание снижению потерь из-за нарушений, произошедших по вине персонала, являющихся одним из показателей АЭС в целях безопасности [1].

На Нововоронежской АЭС разработана система предупреждения повторения негативного опыта эксплуатации перед выполнением регламентных работ, которая позволяет оперативному персоналу в течение не более одной минуты получать информацию по имеющемуся негативному опыту эксплуатации для конкретной системы. Это необходимо для снижения вероятности неполного использования опыта эксплуатации. Разработка подобных вспомогательных информационных систем на АЭС концерна является регулярной положительной практикой [2, 3].

В данной конкретной системе по запросу оператора посредством фильтра выбора событий (рисунок 1) система выводит перечень информации привязанной к конкретному оборудованию в объеме нескольких страниц структурированного печатного текста, что позволяет провести анализ имеющегося эксплуатационного опыта в течение 10 минут.

Рисунок 1 – Фильтр выбора событий для анализа

Информация в систему заносится еженедельно, что позволяет ей постоянно оставаться в актуальном состоянии и оперативно учитывать опыт эксплуатации. Эксперты по анализу событий путем проработки сотни документов из отраслевой системы СПАНД и информационного сайта ВАО АЭС собирают информацию по событиям с выделением ключевых моментов и разрабатывают рекомендуемые вопросы для проработки при проведении целевого инструктажа (табл. 1).

Таблица 1 – Перечень аналогичных событий для анализа при проведении целевого инструктажа

№ пп	АЭС	Дата события	Название	Система	Оборудование	Последствия
1	Название АЭС	Фактическая дата события	Описание события	Наименование системы	Наименование оборудования	Описание последствий события
2	Название АЭС	Фактическая дата события	Описание события	Наименование системы	Наименование оборудования	Описание последствий события
3	Название АЭС	Фактическая дата события	Описание события	Наименование системы	Наименование оборудования	Описание последствий события

Запрашиваемая информация об опыте эксплуатации несет в себе суть произошедшего события (краткое описание, непосредственная, коренная причина, способствующий фактор) и вопросы, которые нужно задать себе и своим подчиненным, при проведении целевого инструктажа перед проведением регламентных работ, для исключения повторения негативного события.

Риск-ориентированный подход является неотъемлемой частью требований стандартов ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования», ГОСТ Р ИСО 14001-2016 «Система экологического менеджмента. Требования и руководство по применению», что повышает актуальность внедрения данного подхода в деятельность организации [4], также вопрос снижения производственных факторов риска подробно рассмотрен в работах [5, 6]. Производственные факторы риска обусловлены процессами трудовой деятельности – это вероятность убытков, связанных с остановкой производственных процессов, нарушением технологии выполнения операций, низким качеством сырья или работы персонала [7].

Опираясь на требование НП-001-15 «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» стоит отметить, что вопросам обеспечения безопасности АЭС, как обладающим высшим приоритетом, уделяется внимание, определяемое их значимостью [8]. С целью обеспечения безопасности документация МАТАГЭ «Лидерство и менеджмент для обеспечения безопасности. Общие требования безопасности. № GSRPart 2» предписывает как можно шире использовать дифференцированный подход в вопросах, связанных с управлением безопасностью [9].

Для того чтобы снизить вероятность возникновения рисков при выполнении переключений, предлагается усовершенствование существующей на Нововоронежской АЭС системы предупреждения повторного негативного опыта путем дифференцирования негативных событий по степени тяжести последствий (табл. 2).

Таблица 2 – Перечень аналогичных событий для анализа при проведении целевого инструктажа, дифференцированных по степени тяжести последствий

№ пп	АЭС	Дата события	Название	Система	Оборудование	Последствия
1	Название АЭС	Фактическая дата события	Описание события	Наименование системы	Наименование оборудования	Степень тяжести последствий
2	Название АЭС	Фактическая дата события	Описание события	Наименование системы	Наименование оборудования	Степень тяжести последствий
3	Название АЭС	Фактическая дата события	Описание события	Наименование системы	Наименование оборудования	Степень тяжести последствий

События, тяжесть последствий которых максимальна, предлагается размещать в верхней части перечня и наоборот, события, последствия которых минимальны, предлагается размещать в конце перечня. Подобный подход находит применение в самых разнообразных областях по всему миру: при обосновании безопасности малых модульных реакторов [10], в вопросах кибербезопасности [11], при анализе культуры безопасности [12], для обоснования продления эксплуатации реакторных установок [13].

Существующий процесс информирования оперативного персонала НВАЭС об имеющемся опыте эксплуатации совместно с новой системой позволяет в полном объеме использовать накопленный опыт, минимизирует вероятность повторения негативных событий и снижает нагрузку на оперативный персонал при проведении регламентных переключений на АЭС.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сазыкин Б.В., Краев А.Г., Климов В.П. Управление операционным риском АЭС. Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ; 2010. 144 с.
2. Гусев И.Н. О проблеме интеллектуальной поддержки операторов для современных автоматизированных систем управления технологическим процессом энергоблоков с ВВЭР [Текст] / И.Н. Гусев, В.П. Поваров, М.Ю. Тучков, А.С. Кужиль, М.М. Майорова, С.П. Падун // Ядерная и

- радиационная безопасность. 2019;№ S1.
3. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ / Информационная система административно-общественного контроля за состоянием охраны труда // Гусев К.Ю., Виткалов К.А., Данилов А.Д., Поваров В.П. 2021660371, 25.06.2021. Заявка № 2021617876 от 24.05.2021.
  4. Лаптева, О.Г. Автоматизация процесса управления рисками на предприятиях нефтегазовой промышленности: анализ автоматизированных систем управления рисками/ О.Г. Лаптева, Н. В. Киселева // Вестник науки и образования. - 2021год. - том, № 5-1 (108), С. 5-13.
  5. Бадалова, А.Г. Регламентация процессов управления рисками в современном риск-менеджменте/ А.Г. Бадалова, Н.Б. Тохунц// Вестник МГТУ «Станкин». - 2021. - Том №1(56). - С. 118-124.
  6. Бадалова А.Г. Эволюция научной мысли в менеджменте и организации производства: Учебное пособие для менеджеров/А.Г. Бадалова, В.Г. Ларионов, С.Г. Фалько. - М:Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2015. - 192 с.
  7. Ерш, В.С. Идентификация рисков как элемент системы управления рисками в организации /В.С. Ерш, И.А. Новиков // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2021. – Т. 6 № 1(19) с. 14–22.
  8. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии "Общие положения обеспечения безопасности атомных станций" (НП-001-15). – URL : <https://meganorm.ru/Index2/1/4293756/4293756900.htm/> (дата обращения: 22.03.2023).
  9. IAEA safety standards series № GSR Part 2/ Leadership and management for safety. International atomic energy agency Vienna – pp.2016.
  10. Lee, Kevin W. The Canadian nuclear safety commission's readiness to regulate small modular reactors / Kevin W. Lee // Nuclear Safety and Security Commission, Ottawa, ON K1P 5S9, Canada, December 2020, V.9, number 1 – pp.99-106.
  11. JaeKwan, Park A graded approach to cyber security in a research reactor facility / Park JaeKwan, Park JeYun, Kim YoungKi // Progress in Nuclear Energy, May 2013, V.65, pp.81-87.
  12. Jeeyea, A. Graded approach to determine the frequency and difficulty of safety culture attributes: The F-D matrix / Ahn Jeeyea, Min Byung Joo, Lee Seung Jun // Nuclear Engineering and Technology, June 2022, V.54, I.6, pp.2067-2076.
  13. Karam, E. Application of a Graded Approach to Support the National Research Universal Reactor U-2 Experimental Loop Return to Service / E. Karam // Journal of Nuclear Engineering and Radiation Science, Jan 2020, V.6, 8 pages.

### **Application of a graded (risk-based) approach in preparation for switching operations at Novovoronezh NPP**

**A.A. Mozgovoj<sup>1</sup>, I.S. Rukin<sup>2</sup>, A.V. Lebedeva<sup>3</sup>**

*<sup>1,2,3</sup>Branch of Rosenergoatom Concern, Novovoronezh Nuclear Power Plant, Novovoronezh, Russia  
<sup>1</sup>e-mail: AAMozgovoij@mephi.ru*

**Abstract.**The description of the system for preventing the repetition of negative operational experience developed at the Novovoronezh NPP, which is used in preparation for performing switchovers on equipment. Proposals for its further improvement are being considered, taking into account the recommendations of the International Atomic Energy Agency.

**Keywords:**risk, preparation for switching, negative operating experience, graded approach, nonconformities, risk management, risk-oriented, NPP operation, quality management, staff violation.

УДК 621.039.544.8

### **Влияние типа выгорающего поглотителя на коэффициенты реактивности и эффективность аварийной защиты**

**А.Р. Музафаров<sup>1</sup>, В.И. Савандер<sup>2</sup>**

*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия  
<sup>1</sup>e-mail: [anvar1996@yandex.ru](mailto:anvar1996@yandex.ru)  
<sup>2</sup>e-mail: [visavander@mephi.ru](mailto:visavander@mephi.ru)*

**Аннотация.** В работе представлены расчетные данные по коэффициентам реактивности реактора типа ВВЭР при использовании в качестве выгорающих поглотителей гадолиния и эрбия. В расчетах предполагается применение 3-х кратной частичной перегрузки топлива с кампанией длительностью 1,5 года. В расчетах использовалась упрощенная методика, основанная на перегрузках без перестановок и представление ТВС в виде полячейки состоящей из 3-х ТВС с различными кампаниями. На основе полученных данных анализируется влияние выгорающих поглотителей на эффективность аварийной защиты, коэффициенты реактивности и коэффициент неравномерности энерговыделение по ТВС.

**Ключевые слова:** Выгорающий поглотитель (ВП), ВВЭР, реактивность, Серпент, система жидкостного регулирования, коэффициент реактивности, твэги, твэлы, относительное энерговыделение.

Развитие реакторов типа ВВЭР приводит к увеличению КИУМ, которое достигается за счет перехода на удлиненные топливные кампании. При переходе на удлиненные топливные кампании используется топлива с обогащением  $\approx 4,95\%$ . В результате эксплуатации топлива данного обогащения возникает большая начальная реактивность, которое требует компенсации. Основными методами снижения большой начальной реактивности являются: борное регулирование и использование выгорающих поглотителей.

Борное регулирование основывается на растворении борной кислоты в теплоносителе. В течении эксплуатации концентрация борной кислоты изменяется в соответствии с изменением реактивности топлива. В связи с равномерным распределением по всему объему активной зоны данный метод не влияет на энерговыделение. Однако концентрация борной кислоты в теплоносителе ограничена, увеличение содержания бора негативно влияет на плотностной коэффициент реактивности теплоносителя. Дальнейшее увеличение может привести к тому, что плотностной коэффициент реактивности по теплоносителю может принять отрицательные значения. Последнее повлияет на условия ядерной безопасности АЭС(НП 082-07). Кроме того, использование жидкостного регулирования приводит к заметному накоплению больших объемов слабоактивных ЖРО.

В качестве выгорающего поглотителя в реакторах ВВЭР используется гадолиний который располагается в твэлах (твэгах). Основным преимуществом гадолиния является то, что он полностью выгорает в течение первой кампании и не влияет на выгорание выгружаемого топлива. Однако сильное поглощение в твэге в начале топливной кампании вызывает провал потока нейтронов и тем самым увеличивает неравномерность поля энерговыделения в ТВС. Поэтому в работе рассматривается более слабый выгорающий поглотитель на основе эрбия. Данный поглотитель широко применяется в реакторах типа РБМК. Поскольку данный поглотитель обладает относительно гадолиния небольшим сечением поглощения, то его размещают однородно во все твэлы. Тем самым обеспечивается равномерное энерговыделение, как и при жидкостном регулировании. Но эрбий не выгорает полностью за кампанию, что приводит к снижению среднего выгорания выгружаемого топлива.

Цель данной работы – оценить коэффициенты реактивности и эффективность аварийной защиты для жидкостной системы, аварийной защиты, гадолиниевого и эрбиевого поглотителя.

Концентрации эрбия и гадолиния подобраны таким образом, чтобы не скомпенсированный запас реактивности для жидкостной системы был одинаковым для обоих вариантов. По полученным данным рассчитаны коэффициенты реактивности и проведена оценка системы аварийной защиты. Также рассчитаны коэффициенты неравномерности энерговыделения для определенных шагов и получены данные по относительным энерговыделениям для каждого варианта. Расчеты проводились с помощью программного кода Serpent (2.1.32) и библиотекой ядерных данных ENDFb-7.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрушечко С.А. ВВЭР-1200: эволюция классики. Физические основы эксплуатации, системы и элементы, ядерное топливо, безопасность. / С.А. Андрушечко, Б.Ю. Васильев, К.Б. Косоуров, Ю.М. Семченков, А.Ю. Кучумов, В.Ф. Украинцев, Б.Ю. Фаворов – М. : Логос, 2019. – 672с.
2. Абу Сондос М.А. и др. Снижение объема борного регулирования запаса реактивности при использовании выгорающего поглотителя на основе (GD<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) в топливе реактора ВВЭР-1200/ М. А. Абу Сондос, М. В. Демин, В. И. Савандер // Глобальная ядерная безопасность. – 2019. – №3(32). – С. 56 – 65.
3. Fedosov A.M. RBMK Uranium-Erbium Fuel / A.M. Fedosov // Atomic Energy. – 2018. – Vol. 124. – №4. –С. 221-226.

## Influence of the burnable absorber type on the reactivity coefficients and the efficiency of emergency protection

A.R. Muzafarov<sup>1</sup>, V.I. Savander<sup>2</sup>

*National research nuclear university "MEPhI"*

<sup>1</sup>*e-mail: anvar1996@yandex.ru*

<sup>2</sup>*e-mail: visavander@mephi.ru*

**Abstract.** The paper presents a simplified model of the core, consisting of 3 fuel assemblies with different campaigns and with burnable absorbers (gadolinium and erbium) to evaluate the effectiveness of emergency protection and calculate the reactivity coefficients in a VVER-type reactor with a 1.5 year campaign with a threefold refueling. Based on the data obtained, the influence of burnable poisons on the efficiency of emergency protection, reactivity coefficients and relative energy release is analyzed.

**Keywords:** Burnable poison (BP), VVER, reactivity, Serpent, the liquid system of regulation, reactivity factor, fuel rods with burnable absorber, fuel rod, relative energy release.

УДК 621.311.25: 004

## Цифровизация как путь повышения качества мониторинга технического состояния оборудования ядерных энергетических объектов

В.Н.Никифоров, А.А. Лапкис, М.В. Калашников <sup>1</sup>

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

<sup>1</sup>*e-mail: nii\_energomash@mail.ru*

**Аннотация.** В докладе проанализированы результаты цифровизации внедряемой на предприятиях концерна «Росэнергоатом» с целью повышения качества эксплуатации объектов ядерной энергетики. Рассмотрены основные направления оптимизации путей решения задач мониторинга технического состояния эксплуатируемого оборудования ядерных энергетических объектов.

**Ключевые слова:** эксплуатация, АЭС, безопасность, диагностика, ремонт, ТОиР, оборудование, подготовка персонала.

Стратегия совершенствования системы общего управления АЭС путём оптимального использования возможностей современных информационных технологий была разработана и утверждена Госкорпорацией «Росатом» в 2016 году. Одним из основных условий достижения целей принятой стратегии является необходимость цифровизации информационных потоков, важнейшей составляющей которых является информация, поступающая от современных систем поддержки эксплуатации, анализа опыта эксплуатации, мониторинга оборудования. В 2018 году руководством Госкорпорации «Росатом» была поставлена задача разработки программы цифровизации



Электроэнергетического дивизиона. В процессе формирования основных вопросов программы был сделан акцент на потребностях основных подразделений. Так, технической дирекцией был сформулирован запрос о необходимости создания систем предиктивной аналитики, «умного видеонаблюдения», и других. На основе анализа заявок основных подразделений было выделено три основных направления цифровизации:

1) «цифровая энергетика»;

2) «цифровая АЭС» – концепция, в основе которой заложен «цифровой шаблон эксплуатации». Этот шаблон будет дополнен в первую очередь технологиями предиктивной аналитики, которые разовьют уровень автоматизации до состояния, условно называемого «умная эксплуатация», которая предполагает выход на уровень, когда система автоматического анализа поступающей информации сможет предсказывать нарушения в стабильной работе оборудования заблаговременно. Переход к концепции «ремонта по фактическому состоянию» станет возможен не сразу. На этом уровне будет получена возможность уточнять программы планового ремонта, предупреждать нештатные ситуации, реагировать на появление проблем в отдельных узлах заблаговременно. Это позволит сократить простои оборудования и позитивно скажется на экономике предприятий Концерна в целом уже в ближайшей перспективе.

3) «цифровой двойник АЭС».

С 2016 года НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ, с учётом многолетнего опыта работы в области создания систем информационной поддержки операторов ответственного оборудования АЭС, привлекается для реализации поставленных Госкорпорацией «Росатом» задач [1, 2].

Так, за период 2016-2020 г. нами были успешно выполнены НИОКР, целью которых являлась разработка и поставка опытно-промышленных образцов:

1) Мобильный универсальный программно-технический комплекс оперативного диагностирования всех типов дизель-генераторных установок, эксплуатируемых АО «Концерн Росэнергоатом»;

2) Измерительный комплекс для контроля герметичности оборудования АЭС;

3) Универсальный измерительный комплекс для контроля технического состояния и настройки электроприводного оборудования (арматура, вентиляторы, насосы);

4) Комплексный диагностический паспорт электроприводной арматуры, эксплуатируемой АО «Концерн Росэнергоатом»;

5) Система виброакустического контроля технологических процессов перегрузки ядерного топлива на энергоблоке № 1 Ростовской АЭС.

С учётом результатов выполненных НИОКР, в 2021 году нами разработан, изготовлен и поставлен Нововоронежскому филиалу Технической академии Росатома тренажёр для обучения ремонтного персонала АЭС настройке моментных муфт и концевых выключателей запорной и регулирующей трубопроводной арматуры, контроля технического состояния трубопроводной арматуры и насосов. В комплект поставки входит учебно-методическая документация, разработанная специалистами НИИ АЭМ ВИТИ НИЯУ МИФИ.

В рамках выполнения принятой Программы цифровизации в период с 2020 года по настоящее время по договорам, заключенным с Концерном «Росэнергоатом», НИЯУ МИФИ с нашим непосредственным участием проводятся НИОКР, целью которых является разработка и поставка опытно-промышленных образцов систем информационной поддержки операторов АЭС:

1. Система контроля технического состояния и ресурсных характеристик приводов СУЗ энергоблоков РУ ВВЭР;

2. Переносной комплекс программно-технических средств оперативной диагностики и безразборной тарировки ограничителей крутящего момента приводов по месту эксплуатации ЭПА;

3. Разработка комплексной автоматизированной системы регистрации (обработки), анализа и хранения результатов термографического контроля оборудования АЭС.

В настоящее время нами совместно с Департаментом по техническому обслуживанию, ремонту и монтажу АЭС подготовлено Техническое задание на выполнение НИОКР в части разработки специализированной информационной среды, обеспечивающей принятие методически обоснованного, подтверждённого результатами безразборной диагностики, решения об оптимизации объёмов и сроков выполнения ТОиР электроприводного оборудования АЭС [3].

По тематике выполненных НИОКР в 2016-2022 г. сотрудниками НИИ АЭМ выполнено более 10 публикаций, защищены две диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук:

- «Многоканальная информационно-измерительная диагностическая система мониторинга технического состояния установок аварийного питания АЭС»;
- «Интеграция комплекса диагностических устройств в систему управления машины перегрузочной атомной станции».

Обращаем внимание, что, несмотря на высокий профессионализм исполнителей и положительные оценки Заказчика результатов выполненных НИОКР МИФИ работ, соответствующих целям основных направлений цифровизации, процедура внедрения полученных результатов НИОКР соответствующими структурами Концерна «Росэнергоатом» не отработана. Технология перехода «опытного образца» в «промышленный» крайне затруднена. Для положительного решения этого вопроса необходима централизация и жёсткий контроль поставок промышленных образцов результатов выполненных НИОКР со стороны Заказчика, в лице АО «Концерн «Росэнергоатом». В противном случае можно говорить о «деньгах, выброшенных на ветер», а не государственном подходе к решению стратегических задач развития атомной энергетики.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никифоров В.Н., Пугачёва О.Ю., Подрезов Н.Н., Бабенко Р.Г., Поваров В.П., Крупский А.Г. Практический опыт решения задач цифровизации процессов контроля, прогноза и управления ресурсом оборудования АЭС. В сборнике: 55 лет безопасной эксплуатации АЭС с ВВЭР в России и за рубежом. сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2019. С. 72-74.
2. Никифоров В.Н., Пугачева О.Ю., Подрезов Н.Н. Задачи цифровизации ремонтных кампаний, проводимых на объектах ядерной энергетики. В книге: Безопасность ядерной энергетики. Тезисы докладов XVI Международной научно-практической конференции. Волгодонск, 2020. С. 33.
3. Лапкис А.А., Никифоров В.Н., Поваров П.В., Калашников М.В., Арсентьева Е.С. Предпосылки для внедрения риск-ориентированной стратегии ТОиР арматуры АЭС // Глобальная ядерная безопасность. – 2022. – № 2(43). – С. 55-67. – <http://dx.doi.org/10.26583/gns-2022-02-06>.

### **Digitalization as a way to improve the quality of monitoring the technical condition of equipment of nuclear power facilities**

**V.N.Nikiforov, A.A.Lapkis, M.V.Kalashnikov <sup>1</sup>**

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University “MEPhI”, Russia  
<sup>1</sup>e-mail: nii\_energomash@mail.ru*

**Abstract.** The report analyzes the results of digitalization implemented at the enterprises of the Rosenergoatom concern in order to improve the quality of operation of nuclear power facilities. The main directions of optimization of ways to solve the problems of monitoring the technical condition of the operated equipment of nuclear power facilities are considered.

**Keywords:** operation, NPP, safety, diagnostics, repair, MRO, equipment, personnel training.

## Обеспечение радиационной безопасности путём многоступенчатого контроля на этапе производства

**А.В. Перепелицына**

*Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия  
e-mail: [novicovaav@mail.ru](mailto:novicovaav@mail.ru)*

**Аннотация.** Производство оборудования для АЭС – это не только трудоёмкий процесс, но и сложный с точки зрения всестороннего контроля. Однако именно этот контроль позволяет отсеивать мелкие предприятия, не способные обеспечить надлежащего качества изделий и тем самым обеспечить надёжную и безопасную работу атомных станций всего мира.

**Ключевые слова:** безопасность, качество, контроль, производство, дефектоскопия, рентгенография, капиллярный контроль.

Изготовление изделий для атомных станций это весьма ответственное дело и не каждое предприятие способно обеспечить должный уровень производства. И связано это даже не столько с оснащением самого производства, сколько в возможности обеспечения всех необходимых методов проверки и контроля, обеспечения необходимой квалификации сотрудников.

Все изделия для атомных станций разделены на определённые группы в зависимости от класса безопасности, установленного в НП-001-15.

В данном нормативном документе установлены четыре класса безопасности:

Класс 1. К классу 1 относятся ТВЭЛы и элементы АС, отказы которых являются исходными событиями аварий, приводящими при проектном функционировании систем безопасности к повреждению ТВЭЛов с превышением максимального проектного предела.

Класс 2. К классу 2 относятся следующие элементы АС, не вошедшие в класс 1: элементы, отказы которых являются исходными событиями, приводящими к повреждению ТВЭЛов без превышения максимального проектного предела при проектном функционировании систем безопасности с учётом нормируемого для проектных аварий количества отказов в указанных системах; элементы систем безопасности, единичные отказы которых приводят в случае возникновения проектной аварии к нарушению установленных для таких аварий проектных пределов.

Класс 3. К классу 3 относятся элементы АС, важные для безопасности, не вошедшие в классы 1 и 2.

Класс 4. К классу 4 относятся элементы нормальной эксплуатации АС, не влияющие на безопасность и не вошедшие в классы 1, 2, 3.

Элементы, используемые для управления запроектными авариями, не вошедшие в классы безопасности 1, 2 или 3, также относятся к классу безопасности 4.

Поэтому процесс изготовления изделий относящихся к разным классам весьма различается.

Самым серьёзным методам контроля на всех стадиях проектирования и производства подвергаются изделия, отнесённые к 1 классу. Так как именно от их качества во многом зависит безопасность всей электростанции в целом. Поэтому во время производства данных видов изделий, начиная от стадии изготовления самого металла, начинается и контроль над ним. Первой стадией контроля является тщательное изучение химического состава путём ковшевой пробы и спектрального анализа, микро и макроструктурный анализ образцов металла, изучение механических свойств, путём проведения испытаний образцов в лабораторных условиях с использованием оборудования для разрушающего контроля.

После того, как выбранный металл подтвердит свои свойства и состав, он поступает в производство. Далее на всех стадиях производства, начиная от раскрытия металла в заготовительном цехе и далее, в ходе его механической обработки металл подвергается визуальному и измерительному контролю, контролю внутренней структуры средствами рентгенографии и ультразвуковой дефектоскопии. Активно используется метод капиллярного контроля (цветная дефектоскопия и керосиновые пробы), магнитопорошковая дефектоскопия.

Перед применением сварки образцы сварных материалов и выполненные по данной технологии сварные соединения отправляются на лабораторный разрушающий и неразрушающий контроль, в ходе которого определяется возможность применения данной технологии сварки и материалов. Обязательным является ультразвуковой, рентгенографический и капиллярный контроль сварных соединений, отправленных в лабораторию. Кроме того образцы подвергаются разрыву, ударному изгибу и изгибу до параллельности сторон в лабораториях разрушающего контроля.

Только после того как все испытания сварных материалов и сварных соединений будут пройдены с положительными заключениями, начинаются сварочные работы уже непосредственно на металле.

Следует учесть, что проведение всех видов контроля, испытаний, механической обработки и сварки требует наличие у работников специальных знаний, умений и навыков, которые должны быть подтверждены аттестационными удостоверениями.

В этой связи как раз и получается, что далеко не все предприятия могут себе позволить такие высококвалифицированные кадры.

На стадии сварки изделий также происходит послыйный контроль сварных соединений, внимательно отслеживается с помощью измерительных приборов режимы сварки (температура, сила тока, напряжение), проверяется время остывания, геометрические параметры сварных швов. Обязательным условием проверки является рентгенография и УЗК.

Аттестация технологии сварки проводится 1 раз в 36 месяцев – 72 месяца, а аттестация сварщиков проводится каждые 24 месяца. Именно такой подход позволяет своевременно обновлять знания сотрудников и отслеживать все изменения в ГОСТ, НП и других нормативных документах и стандартах.

Более жёстко обстоят дела с аттестацией специалистов, работающих в отделах технического контроля. Контролёры и контрольные мастера обязаны проходить теоретическую аттестацию своих знаний 1 раз в три года, а знание практических навыков подтверждаются 1 раз в год. При этом если работник технического отдела не занимался постоянным контролем в течение 6 месяцев, то он снова подтверждает свои знания и по теоретической части и по практической.

Именно такие жёсткие требования позволяют специалистам технического контроля быть постоянно в нужной форме, обладать самыми свежими знаниями и постоянно совершенствовать свой опыт в области контроля производства оборудования для АЭС.

Такие жёсткие требования по подготовке технологий, по производству металла и изделий, требования к службе контроля и аттестация кадров позволяет отсеивать те предприятия, которые не способны обеспечить должного уровня качества, что в свою очередь приведёт к серьёзным последствиям и возможным трагедиям.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. НП-001-15 Общие положения обеспечения безопасности атомных станций.
2. НП-105-18 Правила контроля металла оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок при изготовлении и монтаже.
3. ГОСТ Р 50.05.09-2018 Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Унифицированные методики. Капиллярный контроль.

## Ensuring radiation safety through multi-stage control at the production stage

A.V.Perepelitsyna

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI", Russia  
e-mail: [novicovaav@mail.ru](mailto:novicovaav@mail.ru)*

**Abstract.** The production of equipment for nuclear power plants is not only a laborious process, but also complex from the point of view of comprehensive control. However, it is this control that makes it possible to weed out small enterprises that are not able to ensure the proper quality of products and thereby ensure reliable and safe operation of nuclear power plants around the world.

**Keywords:** safety, quality, control, production, flaw detection, radiography, capillary control.

УДК 551.521.2

### Удельная активность радионуклидов в растительных объектах горных районов Республики Адыгея \*

Д.П. Плахотняя<sup>1</sup>, В.А. Бобылев<sup>2</sup>, У.А. Сидорина, Е.А. Бураева

*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия*

<sup>1</sup>*e-mail: [dplakhotnyaya@bk.ru](mailto:dplakhotnyaya@bk.ru)*

<sup>2</sup>*e-mail: [slava\\_bobelev@mail.ru](mailto:slava_bobelev@mail.ru)*

**Аннотация.** Данная работа посвящена оценке содержания и накопления искусственного  $^{137}\text{Cs}$  и естественных радионуклидов ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ) в лесной подстилке на территории Майкопского района Республики Адыгея. Используются результаты радиоэкологических экспедиций 2009–2019 годов в регионе исследования. Объекты исследования преимущественно отбирали на площадках с различными почвами, растительным покровом, условиями водного режима и на разных элементах рельефа.

**Ключевые слова:** гамма-излучение, эквивалентная доза, природные территории, лесная подстилка, радионуклиды, распределение.

Лесная подстилка является одним из звеньев экосистемы, участвует в образовании гумуса. Влияние радиоактивного загрязнения на такие экосистемные процессы, как разложение лесной подстилки, остается в большой степени неизвестным. Поскольку радионуклиды, накопленные в почве и растительной биомассе, являются опасными для организмов, функционирование экосистем может быть нарушено в результате радиоактивного загрязнения.

В качестве объекта исследования были выбраны контрольные участки в Республике Адыгее (Майкопский район), представленные на рисунке 1. Отбирались образцы почвы и подстилки, где горизонт  $A_0(O)$  – лесная подстилка, представляющая собой опад растений на различных стадиях разложения – от свежего до полностью разложившегося,  $A_d$  – гумусовый горизонт (слой почвы 0-10 см). Чаще всего это наиболее темноокрашенный горизонт в верхней части почвенного профиля, в котором происходит накопление органического вещества в форме гумуса, тесно связанного с минеральной частью почвы [1].

Удельная активность радионуклидов в лесной подстилке измеряли гамма-спектрометрическим методом радионуклидного анализа. Использовали гамма-спектрометр «Прогресс-гамма сцинтилляционный» и стандартные методики измерений.

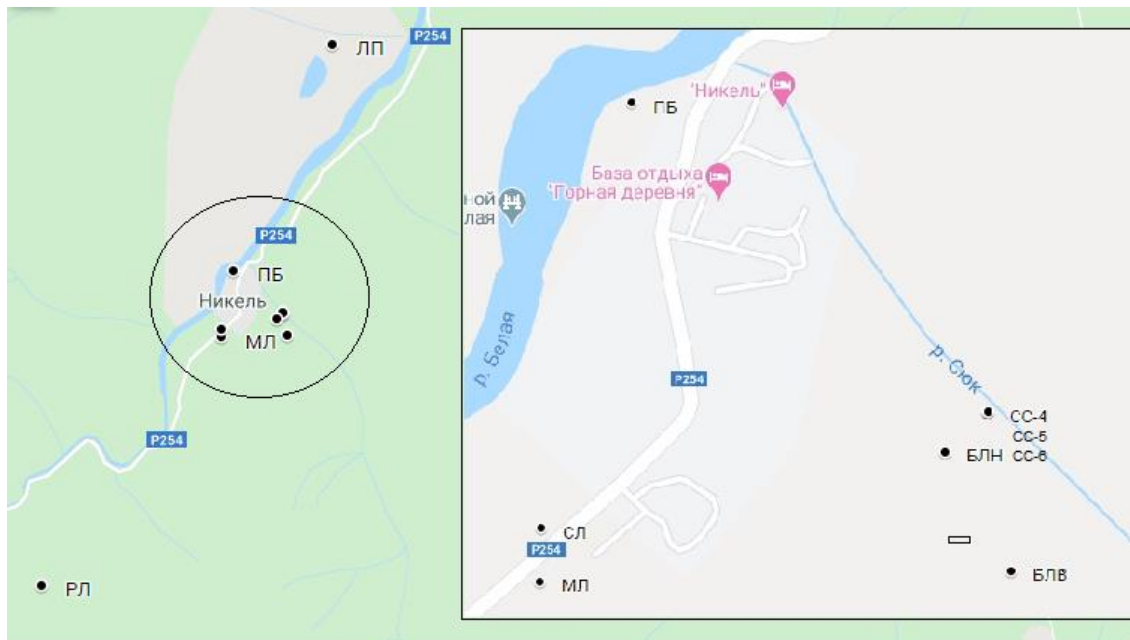


Рисунок 1 – Географическое положение участков Республики Адыгея

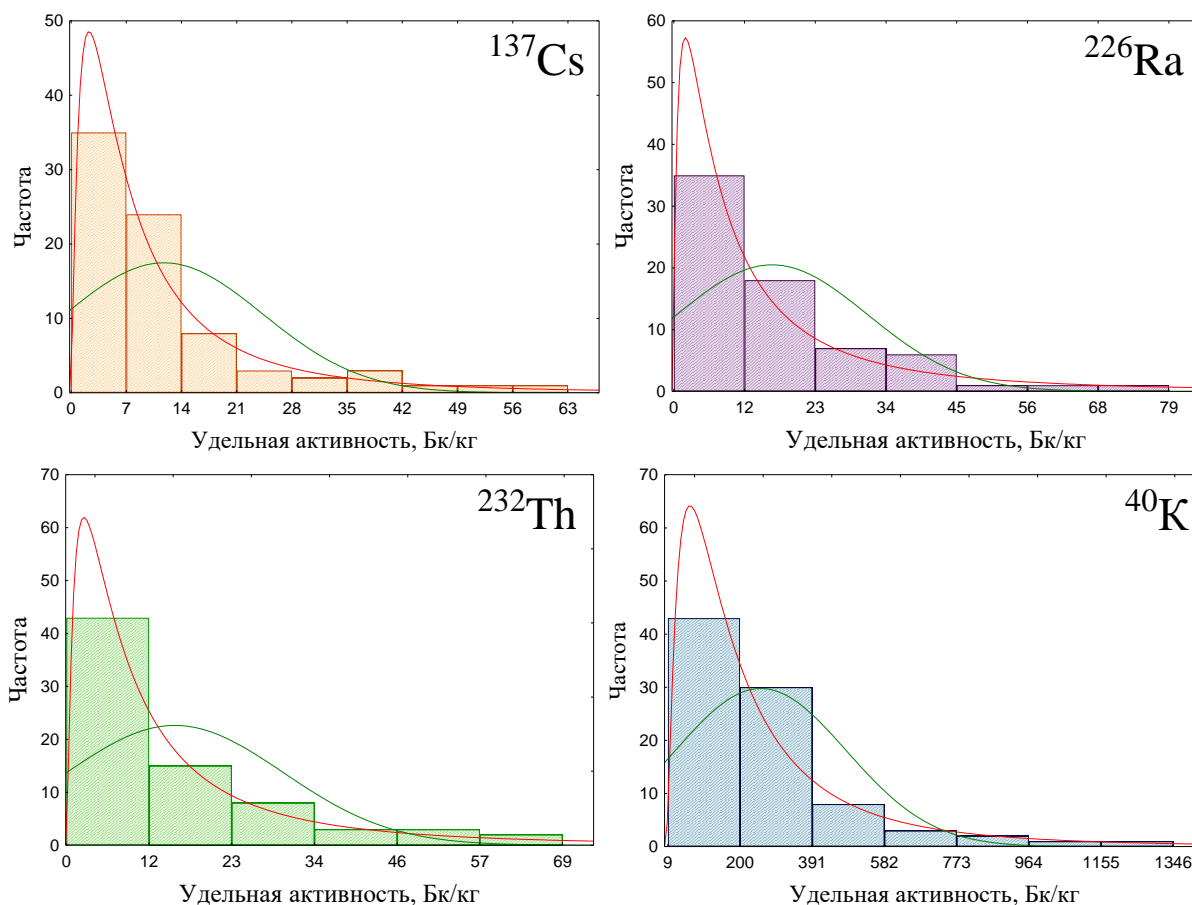


Рисунок 2 – Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  в лесном опаде горной Адыгеи

Распределение всех радионуклидов в опаде не равномерное, стремится к логнормальному (рис. 2). Сравнительно высокое содержание естественных радионуклидов в отдельных образцах лесной подстилки (табл. 1) может быть обусловлено механическим загрязнением обломочным материалом различных горных пород с высокой природной радиоактивностью. Стоит отметить, что средняя геометрическая удельная активность радионуклидов в лесной подстилке в два раза ниже концентрации данных элементов в почвах.



Таблица 1 – Результаты статистического анализа удельной активности радионуклидов в лесном опаде горной Адыгеи

Параметр	Радионуклиды			
	<sup>137</sup> Cs	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K
Минимум, Бк/кг	0,2	0,3	0,1	9,0
Максимум, Бк/кг	62,7	78,9	68,5	1346,0
Среднее арифметическое, Бк/кг	11,8	15,8	15,0	253,4
Среднее геометрическое, Бк/кг	7,4	9,3	9,1	172,4
Медиана, Бк/кг	8,0	10,9	9,8	209,5
Мода, Бк/кг	3,8	0,6	16,3	95,0
Стандартная ошибка, Бк/кг	17,0	18,0	7,8	141,9
Стандартное отклонение, Бк/кг	1,4	1,8	1,7	24,0
Дисперсия выборки, отн.ед.	152,9	227,4	221,1	50759,5
Эксцесс, отн.ед.	4,9	4,0	2,9	6,6
Асимметричность, отн.ед.	2,2	1,8	1,8	2,2
Количество измерений, шт	107			

Неравномерный характер распределения радионуклидов в лесном опаде, вероятно, связан с динамикой поступления растительного опада и изменением степени его загрязнения пылью и частицами почв, а также с климатическим режимом данной местности в отдельные годы, то есть чередованием дождей и засухи.

*\*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности 2023 г.). Проект № FENW-2023-0010/(ГЗ0110/23-11-ИФ).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казеев К.Ш. Методы биодиагностики наземных экосистем / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников, Ю. В. Акименко, Е. В. Даденко. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2016. – 356 с. – ISBN 978-5-9275-2214-9.

#### Specific activity of radionuclides in plant objects of mountainous regions of the Republic of Adygea

D.P. Plahotniaya<sup>1</sup>, V.A. Bobylev<sup>2</sup>, U.A. Sidorina, E.A. Buraeva

*Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia*

<sup>1</sup>*e-mail: [dplakhotnyaya@bk.ru](mailto:dplakhotnyaya@bk.ru)*

<sup>2</sup>*e-mail: [slava\\_bobelev@mail.ru](mailto:slava_bobelev@mail.ru)*

**Abstract.** This work is devoted to the assessment of the content and accumulation of artificial <sup>137</sup>Cs and natural radionuclides (<sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K) in the forest litter on the territory of the Maikop district of the Republic of Adygea. The results of 2009-2019 radioecological expeditions in the study region were used. The objects of the study were mainly selected at sites with different soils, vegetation cover, water regime conditions and on different relief elements.

**Keywords:** gamma radiation, equivalent dose, natural areas, forest litter, radionuclides, distribution.

## Анализ конкурентоспособности реактора типа ВВЭР на мировом рынке

Д.М. Ретунский<sup>1</sup>, А.О. Сакерин<sup>1</sup>, И.А. Дюдяев<sup>1</sup>

*Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия*

<sup>1</sup>*e-mail: ntv5.5@mail.ru*

**Аннотация.** Рассмотрены особенности реакторной установки АЭС с ВВЭР, в том числе системы безопасности. Проанализированы преимущества и недостатки по отношению к зарубежному проекту, а именно реакторам типа PWR. Так же произведена оценка конкурентоспособности АЭС с ВВЭР за рубежом.

**Ключевые слова:** водо-водяной энергетический реактор, ВВЭР, водо-водяной реактор под давлением, PWR.

Современная атомная энергетика в большинстве своем использует реакторы корпусного типа, которые охлаждаются водой под давлением, такие как ВВЭР в России и PWR в западных странах. Эти реакторы имеют несколько преимуществ, таких как дешевизна теплоносителя, замедлителя и относительная безопасность в эксплуатации, несмотря на необходимость использования обогащенного урана.

Реактор ВВЭР-1000, наиболее распространенный в серии, имеет форму вертикального цилиндрического сосуда из стали с герметичной крышкой. Внутри размещаются активная зона и внутрикорпусные устройства в следующей последовательности: внутрикопусная шахта, опорные стаканы, опорная плита, выгородка, и блок защитных труб. Корпус реактора эксплуатируется под воздействием высоких давления, температуры и скорости движения теплоносителя, а также мощных потоков радиации. В активную зону устанавливаются 163 тепловыделяющие сборки с шестигранным поперечным сечением, каждая из которых содержит 312 или 313 ТВЭлов.

ВВЭРы и PWRы работают с использованием двухконтурной тепловой схемы.

Основные технические показатели ВВЭР и PWR схожи между собой. Они включают: линейка мощностей, коэффициент использования установленной мощности, продолжительность эксплуатации, показатели безопасности, расход природного урана и выгорание топливной композиции, способность выдержать падение самолёта и землетрясение и т.п.

Кроме того, современные ВВЭР и PWR имеют схожие гибкие характеристики топливного цикла, включая продолжительность эксплуатации реактора и топлива, возможность изменения мощности, применение МОХ-топлива и использование борного регулирования.

Схожи также в возможностях для сочетания активных и пассивных систем безопасности. Тем не менее, хотя ВВЭР и PWR работают по одному и тому же принципу, каждый тип реактора обладает своими преимуществами и недостатками.

ТВС в реакторе ВВЭР-1000 представляет собой конструкцию, состоящую из головки, силового каркаса и хвостовика. Силовой каркас состоит из тепловыделяющих элементов, расположенных на гексагональной сетке с фиксированным расстоянием (шагом) между элементами.

В то же время, ТВС в реакторе PWR состоит из тепловыделяющих элементов, расположенных на квадратной сетке с постоянным расстоянием между элементами (рис.1).

Одно из отличий между тепловыделяющими сборками ВВЭР и PWR заключается в конструкциях дистанционирующих решеток. В реакторах ВВЭР применяются дистанционирующие решетки сотового типа, которые отличаются простотой конструкции, небольшим весом материала и низким гидравлическим сопротивлением. В то время как дистанционирующие решетки PWR имеют более сложную конструкцию, и

помимо дистанционирования элементов топлива, они также улучшают массо- и теплообмен за счет элементов, направляющих и завихряющих поток теплоносителя.

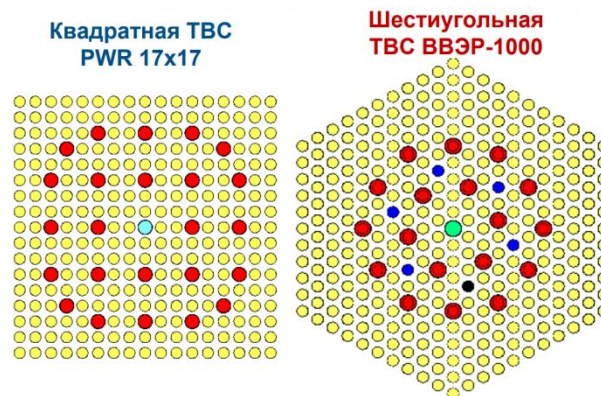


Рисунок 1– Схема расположения ТВЭлов в ТВС

Парогенераторы, используемые в реакторах ВВЭР и PWR, отличаются друг от друга по конструкции: горизонтальный тип для ВВЭР и вертикальный для PWR. Это обеспечивает ряд значительных преимуществ для РУ с горизонтальными парогенераторами перед вертикальными:

1. Скорость прохождения пароводяной смеси через теплообменные трубы мала, что предотвращает вибрации и виброизнос теплообменных труб.

2. Наличие большого запаса воды во 2-м контуре упрощает предотвращение аварийных ситуаций.

3. Конструкция вертикальных коллекторов 1-го контура циркуляции и коридорная компоновка трубного пучка увеличивает время образования коррозионных повреждений теплообменных труб.

4. Горизонтальное расположение парогенератора в реакторе ВВЭР не требует больших размеров гермооболочки, что положительно сказывается на экономической эффективности АЭС.

5. В случаях возникновения аварийных ситуаций с течами и снижением уровня в 1-м контуре конструкция парогенератора позволяет сохранить циркуляцию теплоносителя.

6. Большая площадь зеркала испарения облегчает гравитационную сепарацию пара, что позволяет не устанавливать дополнительные сепараторы.

7. В парогенераторе отсутствует трубная доска большой толщины, что упрощает технологии изготовления.

Основные конструктивные особенности PWR, отличающие его от реактора ВВЭР-1000, включают в себя:

1) Корпуса PWR имеют однорядное расположение сварных патрубков с приемлемо большим вылетом, обеспечивающими удобство при приварке трубопроводов на монтаже и при необходимости термообработку.

2) Опора корпуса PWR расположена по оси патрубков, что предотвращает опрокидывающий момент при разрыве трубопроводов для однорядного расположения патрубков.

3) Массогабаритные показатели корпусов PWR лишают возможности транспортировки их железнодорожным транспортом и ограничивают возможности перевозки их автомобильным транспортом.

4) Днища и крышки PWR в большинстве своем имеют форму сферы, а тепловыделяющие сборки не имеют чехлов, вследствие чего улучшается неравномерность распределения потока нейтронов в активной зоне.

5) В PWR дистанционирующие решетки содержат перемешивающие элементы, которые улучшают теплообмен в активной зоне, а тепловыделяющие сборки относительно меньше по длине за счет укороченных концевых деталей.

Реактор ВВЭР-1000 имеет ряд особенностей, включающих:

1) Корпус с двухрядным размещением входных сверху и выходных снизу патрубков, выполненных штамповкой как единое целое с обечайкой. Это обеспечивает возможность транспортировки по железным дорогам и не требует большого количества металла на единицу мощности.

2) Разделение входного и выходного потоков теплоносителя выполняется за счет кольцевой перегородки, улучшающей условия работы устройств при аварийном разрыве ГЦН.

3) Внутрикорпусные устройства имеют оптимальную гидравлическую форму, включая перфорированное эллиптическое днище, что снижает гидравлические нагрузки.

4) Активная зона состоит из тепловыделяющих сборок с шестигранным поперечным сечением, так как применяется треугольная разбивка ячеек зоны, что позволяет наиболее более эффективно использовать объем активной зоны и тем самым обеспечить экономию размеров корпуса.

5) Получение большей поверхности теплосъема позволяет получить ту же мощность при меньшей загрузке топлива и сохранить запас до кризиса теплоотдачи (плавления топлива), не увеличивая удельную тепловую нагрузку на единицу поверхности тепловыделяющего элемента.

Это обстоятельство позволило поднять удельную нагрузку единицы объема активной зоны до 110 кВт/м<sup>3</sup>, что выше, чем у PWR.

На данный момент эксплуатация и строительство АЭС с энергоблоками типа ВВЭР под руководством Росатома реализуется в таких странах, как Китай, Индия, Иран, Беларусь, Бангладеш, Египет и Венгрия.

Таким образом, сравнение основных характеристик реактора ВВЭР-1000 с зарубежными реакторами PWR примерно одинаковой мощности, показывает, что реакторная установка ВВЭР-1000 в целом по своим физическим, теплотехническим параметрам, по конструктивному исполнению и надежности соответствует современным реакторным установкам PWR ведущих зарубежных фирм, имеет преимущества и составляет конкуренцию на мировом рынке.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Резепов В. К., Денисов В. П., Кирилюк Н. А., Драгунов Ю. Г., Рыжов Ю. Б. Реакторы ВВЭР-1000 для атомных электростанций. – Подольск: ОКБ «Гидропресс», 2004. – 333 с. – (Создание реакторных установок ВВЭР для АЭС).
2. Goto K., Sasaki Y. Countermeasures for PWR control rod degradation in Japan. – In: Advances in Control Assembly Materials for Water Reactors. Vienna: IAEA, 1995 (IAEA-TECDOC-813, ISSN 1011-4289), p. 79–104.

### Competitiveness of the WWER-type reactor in the world market

**D.M. Retunsky<sup>1</sup>, A.O. Sakerin<sup>1</sup>, I.A. Dyudyaev<sup>1</sup>**

*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

*<sup>1</sup>e-mail: ntv5.5@mail.ru*

**Abstract.** The features of the reactor plant of NPPs with WWER, including safety systems, are considered. The advantages and disadvantages in relation to the foreign project, namely PWR reactors, are analyzed. The competitiveness of NPPs with WWERs abroad was also evaluated.

**Keywords:** water-water power reactor, WWER, pressurized water reactor, PWR.

## Анализ безопасности действующих АЭС с ВВЭР-1000

С.И. Ромашов<sup>1</sup>, В.А. Медуница<sup>1</sup>, И.А. Дюдяев<sup>1</sup>

Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия

<sup>1</sup>e-mail: ntv5.5@mail.ru

**Аннотация.** Рассмотрены особенности организации пассивного теплоотвода от реакторной установки АЭС с ВВЭР в условиях полного длительного обесточивания энергоблока АЭС, применяемые в проектах нового поколения ВВЭР (проекты АЭС-2006 и АЭС-2009). Проанализированы преимущества и недостатки использования воздуха в качестве конечного поглотителя остаточного тепловыделения активной зоны. Так же рассмотрен вариант применения данной системы на действующих энергоблоках АЭС с ВВЭР-1000.

**Ключевые слова:** АЭС с ВВЭР, безопасность, пассивный теплоотвод, конечный поглотитель, СПОТ ПГ.

При стационарной работе атомные электрические станции не представляют угрозы для персонала, населения и находящейся вокруг природы. Как источник угрозы АЭС могут рассматриваться только в аварийных ситуациях. Вот поэтому при проектировании заранее определяются технические меры, направленные на предотвращение или ограничение последствий аварий. Для этих целей используются специальные системы безопасности.

Для обеспечения глубокоэшелонированной защиты и сохранения защитных барьеров предусматриваются системы активной и пассивной безопасности.

Активные системы безопасности функционируют от искусственных источников энергии.

Пассивные системы безопасности работают на природных (естественных) процессах без электроэнергетики и участия персонала.

В современных проектах АЭС с реакторами последнего поколения (АЭС-2006, ВВЭР-ТОИ) предусматриваются системы и особые технические средства, обеспечивающие высочайшие уровни безопасности, включая при проектных авариях, а также при запроектных с тяжелыми последствиями и вероятностью выхода радиоактивности в окружающую среду. Вероятность возникновения тяжелой аварии очень мала. Но, так как, как думают проектанты атомной отрасли, безопасности много не бывает, при проектировании современных АЭС разрабатываются особые меры по управлению такими трагедиями и по смягчению их последствий.

Одним из путей совершенствования систем безопасности АЭС является уменьшение доли энергозависимых (активных) систем безопасности в пользу пассивных систем.

Увеличение надежности и при этом, достигается не только благодаря тому, что пассивные системы, обычно, проще по конструкции, а, следовательно, и более надежны в сравнении с активными системами, а главным образом потому, что исчезает необходимость в разветвленных управляющих и обеспечивающих системах (система электроснабжения, вентиляционная система и кондиционирования и др.), то есть во вспомогательных системах, которые сопутствуют активным системам. Вместе с разветвленностью и сложностью управляющих систем они также подвержены разным видам наружного воздействия, наиболее опасными являются пожар, затопление, неверные действия персонала при проверках, ремонте систем, но также в ходе управления. Действие пассивных систем безопасности не зависит от квалификации персонала и внешних событий, а подчиняется только базовым законам природы.

Образцами использования природных процессов в системах безопасности являются: введение рабочих органов СУЗ в активную зону под действием силы тяжести, естественная циркуляция теплоносителя в системе аварийного отвода тепла, срабатывание

обратного либо электрического клапана под действием пружины соответственно при понижении давления в результате образования течи и снятия питания с электромагнита в случае обесточивания.

В критериях полного длительного обесточивания с отказом абсолютно всех аварийных дизельгенераторов (АДГ) отвод теплоты через парогенератор (ПГ) РУ АЭС с ВВЭР-1000/В-320 возможен только в течение 75 минут. Вот поэтому необходимо внедрение системы пассивного отвода теплоты (СПОТ), обеспечивающей длительный отвод теплоты, на действующие энергоблоки.

Для охлаждения активной зоны реактора применяется система пассивного отвода тепла (рис.1), которая использует атмосферный воздух для охлаждения теплообменников. Система состоит из четырех независимых контуров: Пар из активной зоны направляется в теплообменные модули, где остывает и конденсируется, а конденсат возвращается обратно в активную зону. Каждый контур может быть отключен для ремонта с помощью запорных арматур. Система состоит из двух теплообменных модулей, трубопроводов пароконденсатного тракта, тракта воздухопроводов, воздушных затворов, регулирующих устройств.

Пар из активной зоны направляется в теплообменные модули, где охлаждается и конденсируется, а конденсат возвращается обратно в активную зону. Каждый контур может быть отключен для ремонта с помощью запорных арматур.

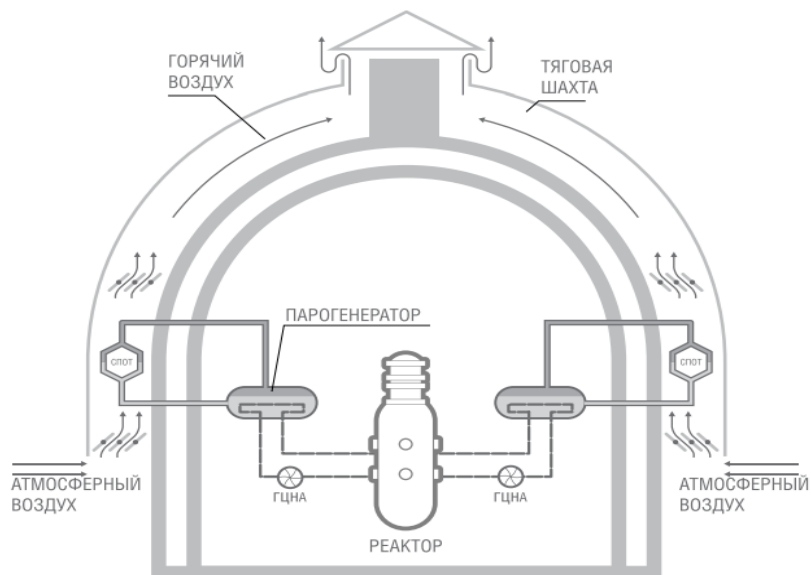


Рисунок 1 – Функциональная схема СПОТ ПГ

В процессе остывания пара в теплообменниках используется атмосферный воздух, который поступает через защитные сетки и воздухопроводы. Он проходит через теплообменные модули, где отбирает тепло от пара, а затем выходит в общий коллектор. Теплообменные модули расположены на купольной доле ГО и покрыты снаружи сферическим кожухом. На рисунке 2 показано, как оборудование СПОТ (4) может быть подключено к ПГ.

На атомных электростанциях используются различные системы и оборудование, которые требуют эффективного отвода остаточного тепла. Воздух является хорошим выбором для этой цели, так как его объем неограничен, что позволяет отводить тепло длительное время. Кроме того, воздух не требует тепловой защиты от замерзания. Однако, главным недостатком воздуха является необходимость регулирования теплоотвода для поддержания РУ в состоянии горячего резерва и предотвращения чрезмерной скорости расхолаживания при низкой температуре охлаждающего воздуха.



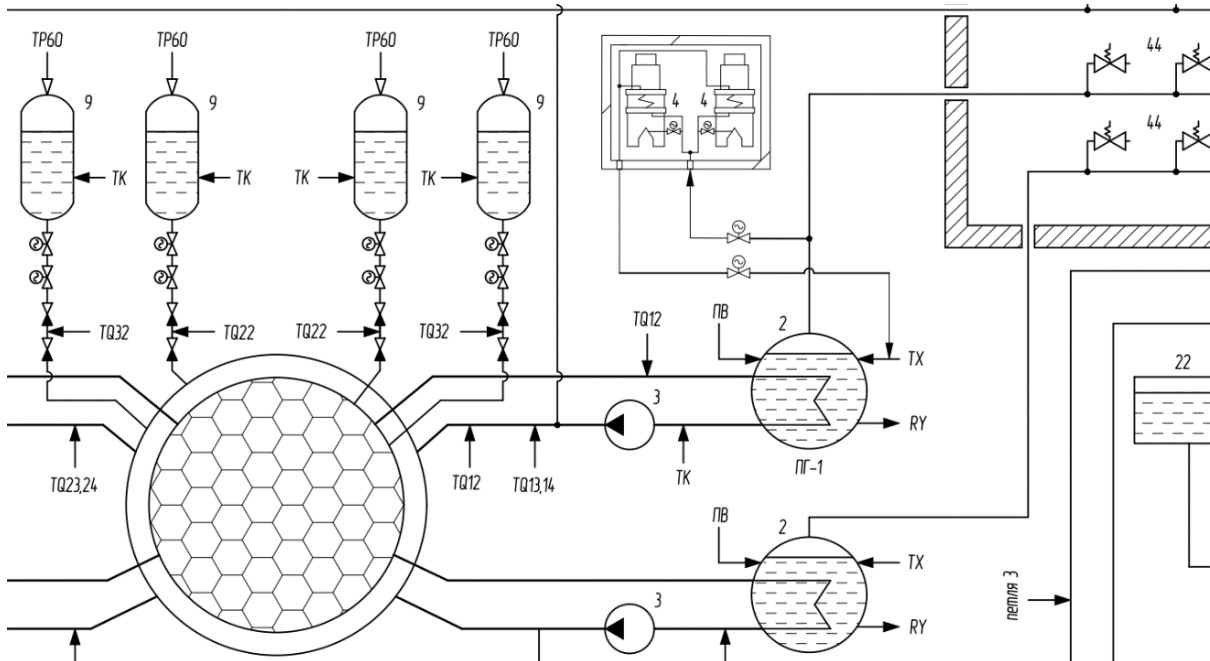


Рисунок 2 – Схема подключения СПОТ ПГ к РУ с ВВЭР-1000

Таким образом, были проведены модернизации и улучшения существующих систем безопасности, которые также повысили безопасность ЯЭУ. В частности, были проведены работы по улучшению системы охлаждения реактора, что привело к созданию дополнительной системы защиты.

В целом, множество изменений и улучшений были проведены в ответ на аварию на АЭС «Фукусима», чтобы увеличить надежность и безопасность ЯЭУ. Однако необходимо продолжать работу над улучшением систем безопасности, так как осуществлять полный контроль над ядерной энергией нельзя.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полуничев В.И. Регулирующие устройства системы пассивного отвода тепла для АЭС «Куданкулам» (Индия)/В.И. Полуничев, Г.П. Шумайлов, К.Б. Вешняков, П.А. Горбунов//Тр. НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2011. -№ 1(86). -С. 110 -116.
2. Безлепкин В.В. Совершенствование системы пассивного отвода тепла через парогенераторы на реакторной установке с ВВЭР-1200 в свете событий на АЭС «Фукусима»/В.В. Безлепкин //Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР: Матер. 8-й Межд. научн.-техн. конф. – Подольск: ФГУП ОКБ «Гидропресс», 2013.
3. Свириденко И.И. Исследование характеристик пассивной тепловой защиты конечного поглотителя СПОТ реакторной установки с ВВЭР-1000/И.И. Свириденко, В.А. Тимофеев, Д.В. Шевелев//Вестник СевГТУ. Сер. Механика, энергетика, экология, 2009. – Вып. 97. – С.69 -74.

### Improvement of safety of operating NPP with WWER-1000

S.I. Romashov<sup>1</sup>, V.A. Medunitsa<sup>1</sup>, I.A. Dyudyaev<sup>1</sup>

Sevastopol State University, Sevastopol, Russia

<sup>1</sup>e-mail: ntv5.5@mail.ru

**Abstract.** The features of organization of passive heat removal from the reactor unit of NPP with WWER under conditions of complete long-term de-energizing of NPP power unit, applied in projects of new generation WWER (projects NPP-2006 and NPP-2009) are considered. Advantages and disadvantages of using air as a final absorber of core residual heat release are analyzed. The variant of application of this system at the operating power units of NPPs with WWER-1000 is also considered.

**Keywords:** NPP with WWER, safety, passive heat removal, final absorber, SPOT.

## Радиоактивность территорий Чертковского района Ростовской области

Е.С. Шаповалов<sup>1</sup>, Е.А. Бураева<sup>2</sup>, В.А. Бобылев<sup>3</sup>

Южный федеральный университет, НИИ физики, г. Ростов-на-Дону, Россия

<sup>1</sup>e-mail: [yegor.shapovalov.01@mail.ru](mailto:yegor.shapovalov.01@mail.ru)

<sup>2</sup>e-mail: [buraeva\\_elena@mail.ru](mailto:buraeva_elena@mail.ru)

**Аннотация.** Работа посвящена оценке радиационной обстановки на территории сельских поселений Чертковского района, а также исследованию радионуклидного состава почвы. Мощность эквивалентной дозы в населённых пунктах Чертковского района Ростовской области варьируется в пределах от 0,02 мкЗв/ч до 0,28 мкЗв/ч, среднее арифметическое значение составляет 0,13 мкЗв/ч, что согласуется с данными Роспотребнадзора по Ростовской области. МЭД подчиняется нормальному закону распределения, а также не превышает уровни, регламентируемые Нормами радиационной безопасности (НРБ-99/2009 и ОСПОРБ-99/2010).

**Ключевые слова:** радиационная обстановка, сельские поселения, мощность эквивалентной дозы, гамма-излучение, почва, естественные и искусственные радионуклиды, дозовые нагрузки.

Мониторинг радиационной обстановки является наиболее важным аспектом в исследовании окружающей среды. По его результатам можно судить о радиоэкологической ситуации в населённых пунктах и за их пределами, а также о различных аномалиях, связанных с воздействием радиации на организм человека. С каждым годом радиационная обстановка исследуется всё более тщательно не только в крупных городах, но и в малонаселённых пунктах вне зависимости от их деятельности, начиная с сельского хозяйства и заканчивая промышленным производством [1, 2].

Объектом исследования данной работы является Чертковский район Ростовской области. Измерения проводились в 7 контрольных точках. Район находится в зоне умеренно-континентального климата, с засушливым, жарким летом и холодной зимой, основная доля осадков приходится на весну и осень. Преобладание равнинной местности с чернозёмной почвой. Из полезных ископаемых добываются глина, песок, камень, щебень. Среднемесячная температура в летний период колеблется от +20°C до +40°C, в зимний период от -25°C до +5°C. Основная деятельность объекта исследования связана с обработкой земли и животноводством.

Работа посвящена оценке распределения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения (МЭД, мкЗв/ч) методами пешеходной гамма-съёмки. Измерения МЭД проводились на высоте 100 см от поверхности грунта с использованием дозиметров-радиометров СРП-88 и ДКС-96 с блоком детектирования БДКС-96с.

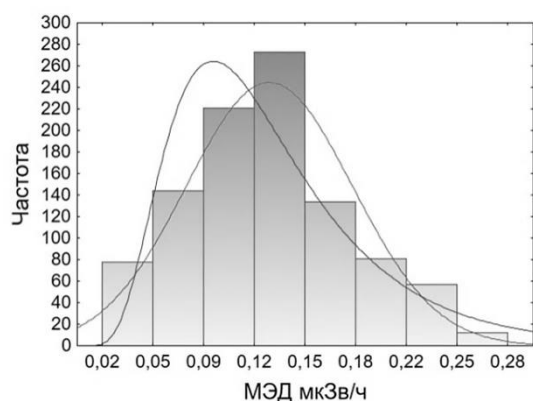


Рисунок 1 – МЭД на территории Чертковского района.

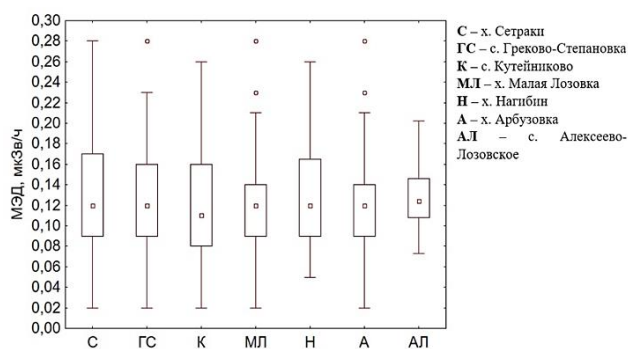


Рисунок 2 – Сравнительный анализ МЭД населённых пунктов.

На рисунке 1 представлено распределение мощности эквивалентной дозы гамма-излучения во всех сельских поселениях Чертковского района. Данное распределение МЭД соответствует нормальному распределению, что позволяет оперировать средним арифметическим значением МЭД при расчетах дозовых нагрузок от природных источников ионизирующих излучений. Учитывая, что регистрация МЭД в первую очередь является стохастическим процессом, полученное нормальное распределение свидетельствует о том, что гамма-фон на исследуемых территориях однороден, радиоактивных аномалий не выявлено. На рисунке 2 приведён сравнительный анализ мощности эквивалентной дозы в каждом из населённых пунктов. Во всех населённых пунктах средние значения МЭД сопоставимы и варьируют, в основном, в пределах неопределенности измерений (30–40%). Это обусловлено как характеристиками приборной базы, так и низкой антропогенной нагрузкой на природные экосистемы (слаборазвитая дорожная инфраструктура, отсутствие промышленных предприятий, преимущественно сельскохозяйственная деятельность) [3].

Расчёт годовой эффективной дозы гамма-излучения проводился для открытых участков каждого населённого пункта, а также для жилых помещений в селе Алексеево-Лозовское.

Таблица 1 – Годовая эффективная доза на открытых территориях и в помещениях

Открытые территории	ГЭД, мЗв	Жилые помещения	ГЭД, мЗв
х. Сетраки	0,22	ул. Кирова, 54-А	0,63
с. Греково-Степановка	0,22	ул. Молодёжная, 12	0,77
с. Кутейниково	0,21	ул. Рабочая, 54	1,12
х. Малая Лозовка	0,21	ул. Строительная, 16	0,77
х. Нагибин	0,23	ул. Маркина, 19	1,12
х. Арбузовка	0,20	ул. Гоголя, 25	1,26
С. Алексеево-Лозовское	0,22	ул. Грушова, 15-А	0,67

В целом, МЭД гамма-излучения в Чертковском районе Ростовской области обусловлена излучением почвенных радионуклидов, как естественного происхождения, так и за счет искусственного радиоцезия. Подобные исследования позволяют не только оценивать особенности распределения гамма-фона на территориях с различным уровнем урбанизации, так и способствуют снижению социальной напряженности среди населения, обусловленной радиофобией.

*\*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности 2023 г.). Проект № FENW-2023-0010/(Г30110/23-11-ИФ).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Linnea E. Environmental Radiation. Wahl, Lawrence Berkeley National Laboratory/ Health Physics Society Specialists in Radiation Safety, 2010.
2. Radiation in the Environment. Nuclear Science—A Guide to the Nuclear Science Wall Chart ©2018 Contemporary Physics Education Project (CPEP). Chapter 15.
3. СанПин 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Утверждены и введены в действие постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации Г.Г. Онищенко от 7 июля 2009 г № 47 с 01 сентября 2009 г.

#### **Radiactivity of the territories of the Chertkovsky district of the Rostov region**

**E.S Shapovalov<sup>1</sup>, E.A. Buraeva<sup>2</sup>, V.A. Bobylev<sup>3</sup>**

*Southern Federal University, Research Institute of Physics, Rostov-on-Don, Russia  
1e-mail: yegor.shapovalov.01@mail.ru; 2e-mail: buraeva\_elena@mail.ru*

**Abstract.** The work is devoted to the assessment of the radiation situation on the territory of rural settlements of the Chertkovsky district, as well as to the study of the radionuclide composition of the soil. The equivalent dose rate in the settlements of the Chertkovsky district of the Rostov region varies from 0.02 mSv/h to 0.28 mSv/h, the average value is 0.13 mSv / h, which is consistent with indications in other districts of the Rostov region in accordance with Rospotrebnadzor data. MED is subject to the normal distribution law, and also does not exceed the permissible values of Radiation safety standards.

**Keywords:** radiation situation, rural settlements, equivalent dose rate, gamma radiation, soil, natural and artificial radionuclides, dose loads.

УДК 621.311.25: 621.175

## **Расчётное обоснование повышения эффективности системы технического водоснабжения путём увеличения количества постоянно работающих насосов системы подпитки градирен проекта АЭС-2006**

**С.В. Яуров<sup>1</sup>, И.Н. Гусев<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная станция», Нововоронеж, Россия

<sup>1</sup>e-mail: [YaurovSV@nvnpp1.rosenergoatom.ru](mailto:YaurovSV@nvnpp1.rosenergoatom.ru)

<sup>2</sup>e-mail: [GusevIN@nvnpp1.rosenergoatom.ru](mailto:GusevIN@nvnpp1.rosenergoatom.ru)

**Аннотация.** Авторами рассмотрены проектные режимы работы системы подпитки основной охлаждающей воды проекта АЭС-2006 (РУ В-392-М). Выполнен гидравлический расчет для проектной конфигурации работы системы. Проведена оценка возможности увеличения расхода в системе подпитки основной охлаждающей воды 1, 2 блока Нововоронежской АЭС-2 за счет увеличения количества постоянно работающих насосов системы. Увеличение расхода подпитки основной охлаждающей воды позволит снизить количество карбоната кальция в системе основной охлаждающей воды и его осаждение на конструктивных элементах градирен.

**Ключевые слова:** градирня, атомная электрическая станция, АЭС-2006, продувка, эксплуатация, основная охлаждающая вода, водно-химический режим, транспорт кальция, коэффициент упаривания.

Система подпитки основной охлаждающей воды Нововоронежской АЭС-2 предназначена для восполнения потерь (испарение, унос, продувка) из системы основной охлаждающей воды и системы охлаждающей воды неответственных потребителей, а также для подачи воды для общестанционных потребителей промплощадки [1].

Состав системы подпитки основной охлаждающей воды:

- четыре одинаковых подпиточных центробежных насоса (№ 41, 42, 43, 44; каждый Q=1343,6 л/сек; H=62 м);
- трубопроводы с арматурой;
- 1 фильтрующая установка (фильтр предочистки);
- 2 фильтрующие установки (фильтры тонкой очистки);
- трубопроводы с арматурой (в том числе трубопроводы от камеры переключений до градирен блока № 6,7).

Технологическая схема трубопроводов подпитки градирен представлена на рисунке 1.

Вода для подпитки градирен, поступает из р. Дон на всас насосов 41, 42, 43, 44 по трубопроводам Ду1000, затем насосами перекачивается в напорный коллектор (в камеру переключений), там проходит через фильтр предочистки (Ду1200), затем подается на два параллельно работающих фильтра тонкой очистки (Ду1200), после чего по двум трубопроводам перекачивается в градирни №1 и 2.

Объектом моделирования будет трассировка трубопроводов в камере переключений.

Проектом предусмотрено, что в режиме нормальной эксплуатации (при работе двух энергоблоков) в работе находится два подпиточных насоса и два в резерве.

Для определения расхода подпиточной воды на градирни при работе в системе более 2-х насосов (сверхпроектного) выполнено:

- 1) построение напорно-расходной характеристики для одного, двух, трех, четырех работающих в параллель насосов;
- 2) расчет и построение гидравлической характеристики системы [2];
- 3) определение рабочего давления на напорном коллекторе при работе 2, 3, 4 насосов по напорно-расходной и гидравлической характеристикам.

На рисунке 2 представлены напорно-расходные характеристики для одного, двух, трех, четырех параллельно работающих насосов. Характеристики построены на основании данных из заводской документации.

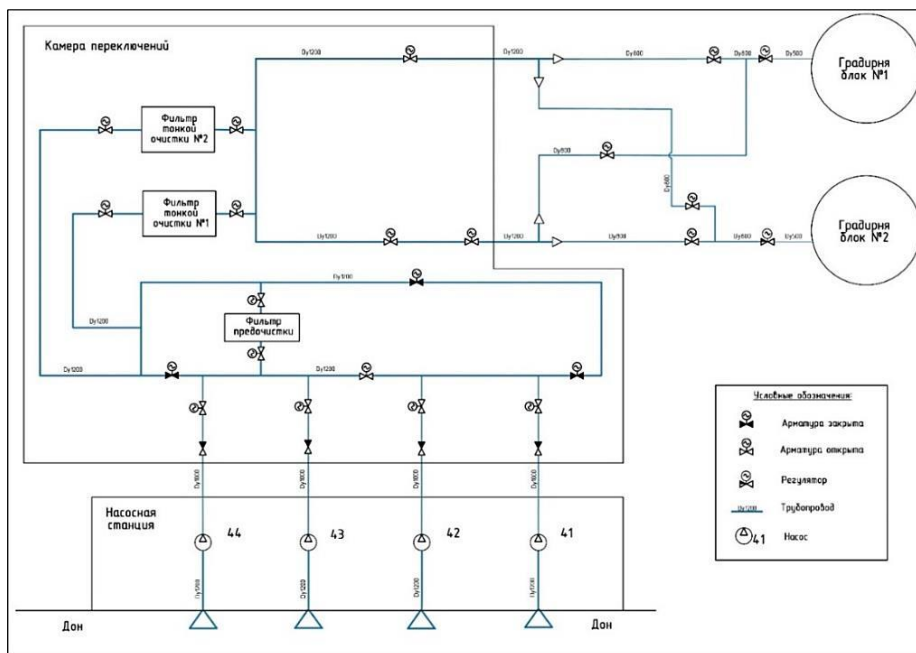


Рисунок 1 – Технологическая схема трубопроводов подпитки градирен

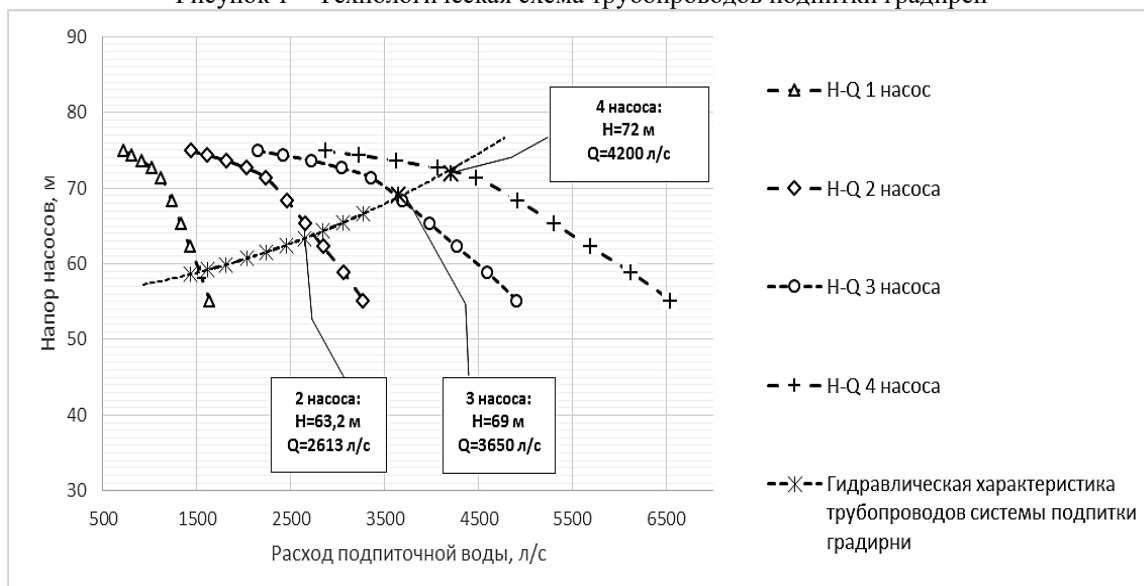


Рисунок 2 – Совмещенная гидравлическая характеристика системы и напорно-расходная характеристика насосов

С целью определения оптимального сочетания комбинации работающих насосов с технико-экономической точки зрения была построена 3D модель трубопроводов системы подпитки градирен в камере переключений и выполнена серия расчетов для следующих

комбинаций количества работающих насосов [3,4]: а) в работе насосы 44, 42, 41 (3 насоса); б) в работе насосы 44, 43, 42 (3 насоса); в) в работе насосы: 44, 43, 42, 41 (4 насоса).

Для упрощения расчетов фильтры тонкой очистки и фильтр предочистки заменены моделями пористого тела. Модель пористого тела позволяет выполнять расчет систем со сложными элементами, имитируя их гидравлические сопротивления.

По результатам выполненной работы сделаны следующие выводы:

1. Напорно-расходная характеристика совместно с гидравлической характеристикой позволяет оценить максимальное давление на напоре насосов (не более 0,75 МПа) и максимальный расход, возникающий в системе (не более 4200 л/с).

3. Исходя из проведенного гидравлического расчета, выявлено оптимальное количество и конфигурация работающих насосов в системе (режим «В работе насосы 41, 42, 44»).

4. Включение третьего насоса в системе подпитки градирен позволит увеличить расход подпитки на 40% (с 2613 л/сек до 3650 л/сек).

5. Увеличение подпитки-продувки градирен позволит снизить количество загрязнений конденсаторов турбины и конструкций градирен карбонатными отложениями [5,6].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Опыт эксплуатации и пути повышения эффективности работы системы технического водоснабжения энергоблоков № 1,2 Нововоронежской АЭС-2. / Поваров В.П., Стацура Д.Б., Усачев Д.Е. // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2020. – № 2. –С.5-16. <https://doi.org/10.26583/npe.2020.2.01>.
2. Кириллов П.Л. Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике. / П.Л. Кириллов, В.П. Бобков, А.В. Жуков, Ю.С. Юрьев – М.: ИздАт, 2010. – 776с.
3. Буряка В.А. Инженерный анализ в Ansys Workbench. / В.А. Буряка, В.Г. Фокин, Е.А. Солдусова, Н.А. Глазунова, И.Е. Адеянов – Самара: Самар. гос. техн. Ун-т, 2010. – 271 с.
4. Снегирёв А.Ю. Высокопроизводительные вычисления в технической физике. Численное моделирование турбулентных течений / Снегирёв А.Ю. Учеб.пособие. СПб. – Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 143 с.
5. РД 34.22.501-87 Методические указания по предотвращению образования минеральных и органических отложений в конденсаторах турбин и их очистке.
6. Боднарь Ю.Ф. Оптимизация водно-химического режима оборотных систем охлаждения с градирнями / Ю.Ф Боднарь. // Энергосбережение и водоподготовка. – 2008. – № 3. – С. 8-11.

### Calculation justification of increasing the efficiency of the technical water supply system by increasing the number of constantly operating pumps of the cooling tower recharge system of the NPP-2006 project

S.V. Yaurov<sup>1</sup>, I.N. Gusev<sup>2</sup>

*Branch of Rosenergoatom Concern, Novovoronezh Nuclear Power Plant, Novovoronezh, Russia*

<sup>1</sup>*e-mail: YaurovSV@nvnpp1.rosenergoatom.ru*

<sup>2</sup>*e-mail: GusevIN@nvnpp1.rosenergoatom.ru*

**Abstract.** The authors considered the design modes of operation of the main cooling water recharge system of the NPP-2006 project (RU V-392-M).. Hydraulic calculation was performed for the design configuration of the system operation. An assessment was made of the possibility of increasing the flow rate in the main cooling water supply system of the 1.2 block of Novovoronezh NPP-2 due to an increase in the number of constantly operating pumps of the system. An increase in the feed rate of the main cooling water will reduce the amount of calcium carbonate in the main cooling water system and reduce its deposition on the structural elements of cooling towers.

**Keywords:** cooling tower; nuclear power plant; NPP-2006; purge; operation; main cooling water; water-chemical regime; calcium transport; evaporation coefficient.



---

---

**СЕКЦИЯ**  
**СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗДАНИЙ**  
**И СООРУЖЕНИЙ АЭС**

---

---

УДК 621.039.58

**Расчетный анализ динамического воздействия на защитную оболочку реакторного отделения АЭС обрыва напряженного арматурного каната**

**Александр С.Киселев, Алексей С. Киселев, В.Н.Медведев<sup>1</sup>,  
В.Ф. Стрижов, А.Н.Ульянов, М.И. Скорикова<sup>2</sup>**

*Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, Москва, Россия*

<sup>1</sup>*e-mail: [cont@ibrae.ac.ru](mailto:cont@ibrae.ac.ru)*

<sup>2</sup>*e-mail: [skorikova@ibrae.ac.ru](mailto:skorikova@ibrae.ac.ru)*

**Аннотация.** В работе приводится расчетный анализ динамического воздействия на защитную оболочку реакторного отделения АЭС обрыва напряженного арматурного каната и даны рекомендации по проведению работ по замене арматурных канатов на работающем энергоблоке.

**Ключевые слова:** защитная оболочка, расчетная модель, перемещения, деформации, напряжения, усилия.

В последнее время в защитных оболочках АЭС РФ ведется замена арматурных канатов СПН-1000 [1] на СПЗО-М [2] при работе реактора на мощности. В этой связи необходимо было определить возможность замены армоканата с учетом динамических воздействий при возможном его обрыве. Для этого был выполнен расчетный анализ динамического воздействия на защитную оболочку (ЗО) обрыва напряженного арматурного каната.

Расчеты выполнялись с использованием разработанной методики и расчетной модели защитной оболочки с учетом физико-механических и деформационных характеристик материалов сооружения. [3].

В расчетах учитывались эксплуатационные нагрузки со стороны арматурных канатов системы преднапряжения, собственный вес сооружения, температурное воздействие, динамические нагрузки, обусловленные обрывом одного арматурного каната. В работе рассмотрен консервативный случай обрыва цилиндрического арматурного каната, имеющего наибольшую длину, проходящего через все характерные зоны ЗО и имеющего максимально возможную силу натяжения в соответствии с проектными требованиями, икупольного армоканата, проходящего через вершину купола.

В результате проведенного динамического анализа получены зависимости перемещений, скоростей и ускорений, а также напряжений в каждом узле модели от времени. Всего было просчитано 0,6 с процесса, за это время можно было наблюдать несколько периодов колебаний стенки защитной оболочки с постепенно убывающей амплитудой.

Наибольшая амплитуда перемещений имеет место в средней по высоте зоне цилиндра и составляет ~1,6 мм на 0,059 с (рис. 1) и в вертикальном направлении в зоне вершины купола ~1,3 мм на 0,19 с.

При последующем анализе величины полученных амплитуд колебаний и зависимости компонентов напряженно-деформированного состояния (НДС) ЗО от времени суммировались с эксплуатационным НДС для оценки их влияния на безопасность эксплуатации ЗО.

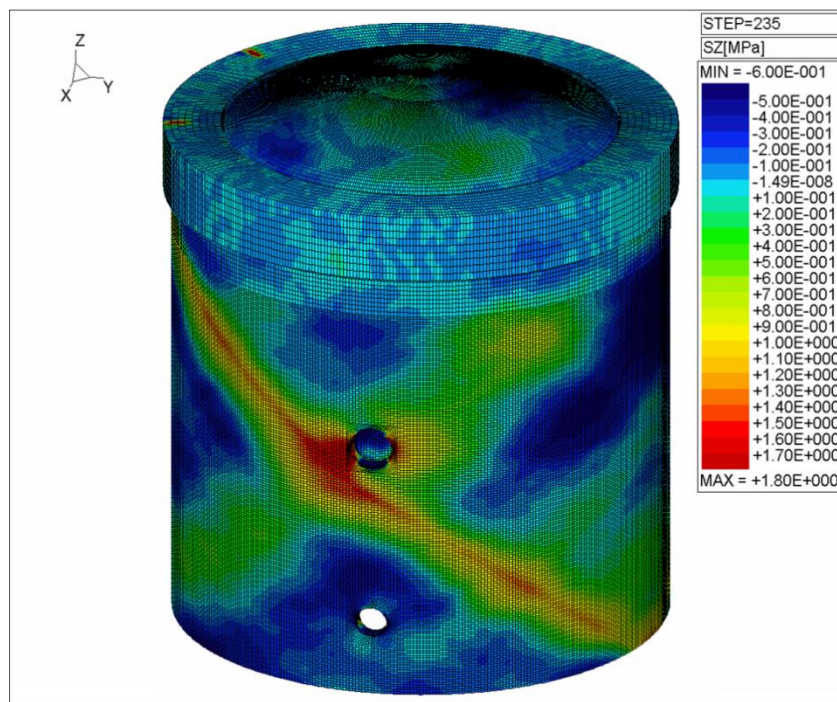


Рисунок 1 – Распределения меридиональных напряжений в теле ЗО при воздействии динамических усилий от обрыва одного каната

Анализ результатов расчетов позволяет сделать следующие выводы:

1. Динамическое воздействие от обрыва каната, имеющего наибольшую длину, проходящего через все характерные зоны ЗО и имеющего максимально возможную силу натяжения в соответствии с проектными требованиями, приводит к незначительным перемещениям стенки, которые в зонах максимальной податливости не превышают 1,6 мм.

2. Приращение растягивающих напряжений в бетоне стенки ЗО вследствие обрыва каната не превышает 2 МПа.

3. Все сечения защитных оболочек АЭС при прогнозируемых уровнях натяжения канатов СПЗО и учете эксплуатационных факторов и динамического воздействия от обрыва каната остаются сжимающими и обеспечивают прочность и работоспособность защитной оболочки.

Рекомендовано проводить работы по замене арматурных канатов на работающем блоке при температуре внешней среды не ниже  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Это позволит получить следующие преимущества:

– отсутствие образования поверхностных трещин в случае обрыва каната в сочетании с большим градиентом температур, которое не может привести к нарушению работоспособности ЗО, но все же является отрицательным эксплуатационным фактором;

– отсутствие необходимости дополнительного подогрева зоны инъектирования, поскольку требуемая температура  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  по всей длине каналобразователя будет обеспечиваться за счет эксплуатационной температуры внутри ЗО [4].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Канат арматурный. Технические условия. ТУ 34-15-11142-87. – Москва, 1987.
2. Пучок арматурный для ЗО АЭС с ВВЭР-1000 В-320. Технические условия ФРТ.СПЗОМ.0АЭС.В2.MZ.001.01-06. – Москва, 2006.
3. Киселев, А.С. Моделирование динамического воздействия на защитную оболочку реакторного отделения АЭС обрыва напряженного арматурного каната / Александр С. Киселев, Алексей С. Киселев, В.Н. Медведев, А.Н. Ульянов, В.Ф. Стрижов, М.И. Скорикова // Безопасность ядерной энергетики: тезисы докладов XVIII Международной научно-практической конференции, Волгоград 19–20 мая 2022 г. – ВИТИ НИЯУ МИФИ, 2022. – с. 49–52.

4. Медведев, В.Н. Воздействие нагрузок внутри сечения стенки защитной оболочки АЭС с ВВЭР-1000 / В.Н. Медведев, М.И. Скорикова, Александр С. Киселев, Алексей С. Киселев, В.Ф. Стрижов, А.Н. Ульянов // Атомная энергия. – 2021. – Т. 130, № 1. – с. 20–24.

## Calculation Analysis of the Dynamic Impact on the Containment of the Reactor Compartment of a Nuclear Power Plant of a Break in a Stressed Reinforcing Rope

Aleksandr S.Kiselev, Aleksei S.Kiselev, V.N.Medvedev <sup>1</sup>,  
V.F.Strizhov, A.N.Ulianov, M.I. Skorikova <sup>2</sup>

*Nuclear safety institute of the Russian academy of sciences Moscow, Russia*

<sup>1</sup>*e-mail: [cont@ibrae.ac.ru](mailto:cont@ibrae.ac.ru)*

<sup>2</sup>*e-mail: [skorikova@ibrae.ac.ru](mailto:skorikova@ibrae.ac.ru)*

**Abstract.** The paper provides a calculation analysis of the dynamic impact on the containment of the reactor compartment of a nuclear power plant by a break in a stressed reinforcing rope and gives recommendations for carrying out work to replace reinforcing ropes at a working power plant unit.

**Keywords:** containment, calculation model, displacements, deformations, stresses, forces.

УДК 621.039.58: 69

## Влияние ошибок строительства на безопасность АЭС

О.А. Губеладзе <sup>1</sup>, А.Р. Губеладзе <sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>*e-mail: [buba26021966@yandex.ru](mailto:buba26021966@yandex.ru)*

<sup>2</sup>*e-mail: [argmethod@mail.ru](mailto:argmethod@mail.ru)*

**Аннотация.** При решении проблем безопасности АЭС, где существенную роль играет качество строительно-монтажных работ, одним из главных направлений является исключение нерегламентированных деструктивных воздействий на объект в ходе строительства. Рассмотрены примеры деструктивных воздействий. Представленный материал соответствует защитным гермооболочкам проекта НП-1000, однако данные результаты исследований справедливы и для оболочек АЭС-2006, а значит требуют решения.

**Ключевые слова:** защитная герметичная оболочка, кран кругового действия, деформации, перемещения, трещины, прочность бетона, вероятностный анализ безопасности, нерегламентированные деструктивные воздействия.

Термин культура безопасности был введен экспертами МАГАТЭ в итоговом документе по рассмотрению причин и последствий аварии в Чернобыле. Впереди всех проблем обеспечения безопасности выступают проблемы технического характера. Группа технических принципов конкретизирует пути устранения источников опасности или снижения уровней их воздействия [1].

Предотвращение зарождения и возникновения катастроф, смягчение их последствий и ликвидации сегодня весьма актуальны. Как показывает анализ, обеспечение безопасности в чрезвычайных ситуациях может быть осуществлено разными путями. Наиболее эффективный из них – снижение вероятности возникновения.

Почти все события от аварий, инцидентов и кончая отказами, воздействующими на безопасность, начинаются с неумышленного небезопасного действия или недопустимого состояния технологического процесса. В сочетании с другим деструктивным событием происходит новый, более значительный отказ. Поэтому сведение до минимума скрытых недостатков в практике работ представляется крайне важным в деле предупреждения аварийных ситуаций (АС).

Схема нерегламентированных деструктивных воздействий (НДВ) на защитную гермооболочку (ЗГО) и подъемно-транспортные системы реакторного отделения (ПТС РО) с учетом взаимовлияния (исходные деструктивные факторы – ошибки строительства) включает в себя следующие воздействия: ошибки монтажа крана кругового действия (ККД); отклонения от проекта в период возведения ЗГО; массово-инерционные нагрузки; отклонения от программы испытаний; нарушения при проведении транспортно-технологических операций; нагрузки, приводящие к избыточным деформациям кранового пути; деформация оболочки на горизонте консолей кранового пути в период монтажа, испытаний ККД; деформация оболочки на горизонте консолей кранового пути в процессе преднапряжения; деформация оболочки на горизонте консолей кранового пути в процессе испытания ЗГО; нарушения технологии преднапряжения ЗГО; нарушения программы испытаний [2].

Именно НДВ в период строительства создают благодатную почву для возникновения АС. Рассмотрим некоторые из них.

### ***Деструктивные воздействия низкого качества элементов конструкции***

1. При строительстве ЗГО одной из АЭС было обнаружено «сдавливание» пластиковых труб системы преднапряжения, что в конечном итоге уменьшило диаметр канала для канатов (причиной стало некачественное изготовление труб). Было принято решение о демонтаже поврежденных участков для замены поврежденных каналобразователей на новые. Таким образом, на двух ярусах цилиндрической части ЗГО были проделаны ниши (местами сквозные – на всю толщину стенки оболочки). После замены поврежденных участков труб внешняя поверхность стены заваривалась стальными листами, а затем полость заполнялась бетонной смесью. После проведения данного мероприятия возникают вопросы о монолитности железобетонной конструкции ЗГО.

2. После монтажа армометаллических блоков (с консолями для балок кранового пути ККД) цилиндрической части ЗГО энергоблока одной из АЭС был выявлен дефект, а именно – прогиб облицовки блоков под весом консолей. Для устранения дефекта было спроектировано устройство, позволяющее уменьшить величину нагрузки от консолей на облицовочные карты (были затрачены дополнительные средства и время).

### ***Аварийные ситуации, связанные с пожарами.***

Так на строящемся энергоблоке одной из АЭС произошел пожар. При проведении сварочных работ на отм.55.00÷60.00 конструкции гермооболочки произошло возгорание пластиковых каналобразователей. Тушение проводилось с помощью крана, поднимавшего 25-кубовые емкости с водой. Всего было привлечено одиннадцать единиц спецтехники. Сотрудники МЧС изначально сделали все, чтобы локализовать огонь и не дать ему распространиться. Площадь пожара согласно их комментариям составила 350 м<sup>2</sup>. Нанесен ущерб конструкции гермооболочки, что должно было повлиять на график строительства, так как выгоревшие остатки пластика из бетонных каналов требовалось удалить, а на их место нарастить новые. Кроме того, среднее значение прочности бетона в зоне пожара составило ниже 30 МПа [3].

### ***Ошибки монтажа ПТС РО.***

Отклонения от требований, предъявляемых к качеству монтажа ККД, также являются источником НДВ. Несмотря на проведенную разбивку мест установки главных балансиров ходовой части крана на строящемся блоке АЭС, сам монтаж крана был проведен без оповещения сотрудников, которые осуществляли инженеринговое сопровождение. В результате кран был установлен с отклонениями от требований проекта производства работ, что в свою очередь повлияло на его курсовую устойчивость.

Строительство защитных гермооболочек проекта НП-1000 на данный момент не осуществляется, но рассмотренные ситуации должны быть исключены для ЗГО следующих проектов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Денисов, О.В. Комплексная безопасность населения и территорий в чрезвычайных ситуациях. Проблемы и решения: монография / О. В. Денисов, О. А. Губеладзе, Б. Ч. Месхи, Ю. И. Булыгин; под общей редакцией Ю. И. Булыгина. – Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 2016. – 278 с.
2. Губеладзе О.А. Определение геометрических и физико-механических характеристик элементов энергоблока АЭС и их использование в качестве исходных данных для вероятностного анализа безопасности /О.А. Губеладзе, А.Р. Губеладзе, С.М. Бурдаков // Глобальная ядерная безопасность - 2017, - №3 (24).с. 102-109.
3. Месхи Б.Ч., Денисов О.В., Губеладзе О.А. Пожарная безопасность ядерно- и радиационно опасных объектов. – Ростов-на-Дону: Изд-во ДГТУ, 2014. – 162 с.

### The impact of construction errors on the safety of nuclear power plants Gubeladze O.A.<sup>1</sup>, Gubeladze A.R.<sup>2</sup>

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia*

<sup>1</sup>*e-mail: [buba26021966@yandex.ru](mailto:buba26021966@yandex.ru)*

<sup>2</sup>*e-mail: [argmethod@mail.ru](mailto:argmethod@mail.ru)*

**Abstract.** When solving problems of NPP safety, where the quality of construction and installation works plays a significant role, one of the main directions is the exclusion of unregulated destructive impacts on the facility during construction. Examples of destructive influences are considered. The presented material corresponds to the protective hermetic shell of the NP-1000 project, however, these research results are also valid for the shells of NPP-2006, and therefore require a solution.

**Keywords:** protective sealed shell, circular action crane, deformations, displacements, cracks, concrete strength, safety probability analysis, independent destructive influences.

УДК 528.48:528.5

### Исследование инструментальных погрешностей измерений превышений электронным нивелиром на разных частях штрих-кодовой рейки

Т.М. Пимшина<sup>1</sup>, Д.М. Арсеньев<sup>2</sup>, И.Ю. Пимшин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), г. Ростов-на-Дону, Россия*

<sup>2</sup>*Донской государственный технический университет (ДГТУ), Ростов-на-Дону, Россия*

<sup>3</sup>*ООО «НПФ «Инженерная геодезия», Ростов-на-Дону, Россия*

<sup>1</sup>*e-mail: [pimshina.tat@yandex.ru](mailto:pimshina.tat@yandex.ru)*

<sup>2</sup>*e-mail: [dima81-07@mail.ru](mailto:dima81-07@mail.ru)*

<sup>3</sup>*e-mail: [ivan.pimschin@yandex.ru](mailto:ivan.pimschin@yandex.ru)*

**Аннотация.** В работе рассмотрены вопросы определения короткопериодической и длиннопериодической инструментальной ошибки системы «электронный нивелир – штрих-кодовая рейка». Представлены результаты практического исследования инструментальных погрешностей измерений превышений электронным нивелиром на разных частях штрих-кодовой рейки.

**Ключевые слова:** эталонирование, метрология, инструментальные ошибки измерения превышения, исследование точности, система электронный нивелир – штрих-кодовая рейка, лазерный трекер, упрощенный ступенчатый вертикальный компаратор.

Для корректной работы практически любых средств измерений и обеспечения заявленной точности необходимо периодически выполнять их поверки и исследования, что достаточно подробно освещено в нормативной и технической литературе. При этом следует иметь в виду, что исследования оптических нивелиров и их штриховых реек выполняются раздельно (см. ГКИНП (ГНТА) 17-195-99, МИ БГЕИ 07-90, ГКИНП 17-196-85 и т.д.).

Однако для электронных (цифровых) нивелиров невозможно по отдельности (раздельно) эталонировать (исследовать) прибор и его штрих-кодовые рейки. Это обусловлено тем, что штрих-кодовая рейка, не имеет шкалы с равномерно нанесёнными штрихами (делениями) и поэтому для её исследования нельзя применять контрольный метр (женевскую линейку) или стандартные оптико-механические компараторы. Помимо этого, в процессе отсчитывания электронным нивелиром участие принимает не два соседних штриха обычной рейки, а целая последовательность из многих смежных штрихов различной ширины штрих-кодовой рейки. Эта проблема решается путем совместного исследования системы электронного нивелира и его штрих-кодовой рейки различными методами метрологического эталонирования, например, таких как:

- метод, основанный на использовании растрового измерительного преобразователя;
- метод, применяющий специальный стационарный компаратор [1];
- метод, основанный на использовании концевых мер длины [1];
- метод, основанный на многократном изменении горизонта нивелира [2];
- метод, применяющий ступенчатый упрощенный вертикальный компаратор [3].

Из сравнительного анализа данных методов выявлено, что все они обеспечивают достаточную подробность и необходимую точность определения инструментальных погрешностей системы электронный нивелир и его штрих-кодовая рейка.

В методе метрологического эталонирования системы «нивелир–рейка» с применением концевых мер длины сравниваются истинные (эталонные) превышения, образованные при помощи концевых мер длины с измеренными величинами, что позволяет исследовать изменения короткопериодических ошибок прибора. Однако, поскольку концевые меры длины достаточно дороги, предлагается вместо них использовать различные машиностроительные средства измерений, например, такие как: микрометрические винты, индикаторы часового типа и т. д. В связи с этим нами выполнено исследование зависимости средней квадратической ошибки взятия отчётов системы «нивелир–рейка» от расстояния между ними [4]. Данное исследование выполнялось в следующей последовательности:

1) электронный нивелир на штативе последовательно устанавливали на разных расстояниях от штрих-кодовой рейки, располагаемой на закрепленной в устойчивой конструкции капитального строения подвижной марки;

2) затем при каждой постановке прибора брались отчеты по рейке  $a_i$ , установленной на подвижной марке, последовательно изменяющей свое вертикальное положение на 1 мм;

3) одновременно с измерениями по нивелирной рейке брались отчёты по микрометрическому винту  $b_i$ , интегрированному в данную подвижную марку;

4) количество замеров при каждой постановке нивелира выполнялось не менее 16 раз;

5) в итоге по формуле Гаусса определялись средние квадратические ошибки взятия отчётов нивелиром по рейке  $m_\Delta$  на разных расстояниях (плечах) между ними

$$\Delta_i = (a_{i+1} - a_i) - (b_{i+1} - b_i), \quad (1)$$

$$m_\Delta = \sqrt{\frac{\sum \Delta_i \Delta_i}{n}}, \quad (2)$$

где  $\Delta_i$  – истинная ошибка, разность между фактическими и теоретическими значениями;  
 $n$  – количество измерений.

На рисунке 1 даны результаты исследования зависимости средних квадратических ошибок взятия отчетов электронным нивелиром TrimbleDINI 0.3(паспортная точность 0,3 мм на 1 км двойного хода) по штрих-кодовой рейке на разных расстояниях между ними.



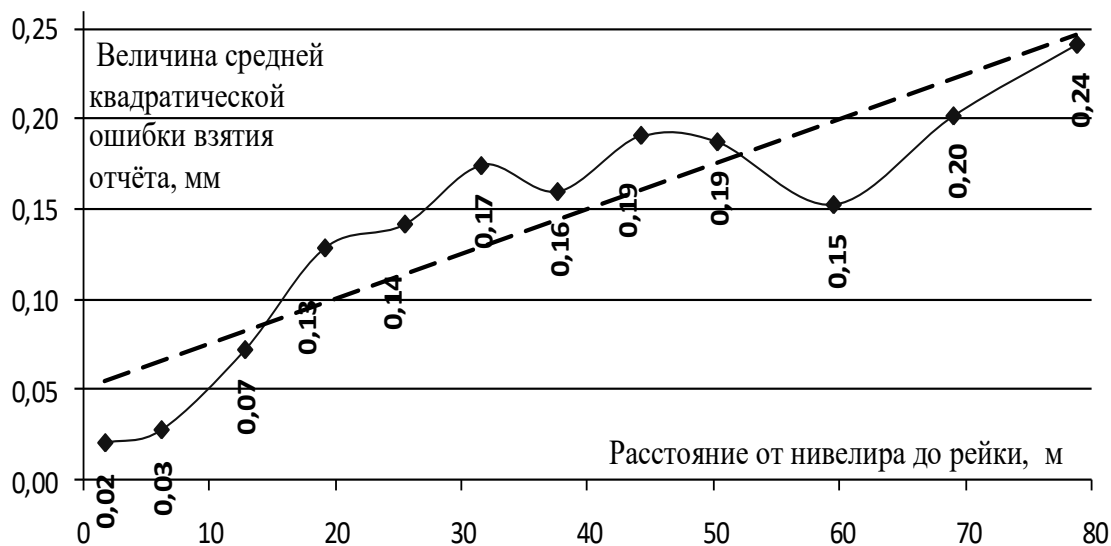


Рисунок 1 – График зависимости погрешностей взятия отчётов электронным нивелиром Trimble DINI 0.3 по штрих-кодовой рейке на разных расстояниях между ними

Кроме того, нами выполнено практическое исследование длиннопериодических погрешностей взятия отчётов высокоточного электронного нивелира Trimble DINI 0.3 на разных частях его двухметровой инварной штрих-кодовой рейки с использованием ступенчатого упрощенного вертикального компаратора и лазерного трекера FAROLaserTrackerVantage, который тригонометрическим нивелированием определяет превышения с машиностроительной точностью для измерения горизонтальных, вертикальных углов  $\pm 10$  мкм + 2,5 мкм/м ( $\pm 0,0006'' + 0,0001''/м$ ) и для наклонных расстояний  $\pm 8$  мкм + 0,4 мкм/м.

Исследование осуществлялось в следующей последовательности:

1. На каждой ступеньке лестницы дюбелем были закреплены опорные точки, то есть был создан упрощенный, ступенчатый, вертикальный компаратор.

2. Лазерный трекер и электронный нивелир устанавливались и приводились в рабочее положение в непосредственной близости от упрощенного компаратора.

3. Последовательно на каждую опорную точку компаратора устанавливалась инварная штрих-кодовая рейка с закрепленным сверху для трекера отражателем.

Измерения каждой постановки рейки выполнялись одновременно лазерным трекером и электронным нивелиром. Отчеты, измеряемые нивелиром по штрих-кодовой рейке  $a_i$  считались за фактические значения, а отчеты, определяемые лазерным трекером на отражатель  $b_i$ , принимались за теоретические значения, поскольку они на порядок точнее измерений нивелира. Замеры выполняли в прямом и обратном направлениях с постановкой рейки на каждую опорную точку компаратора не менее 16 раз.

4. Вычислялись средние значения отчётов по рейке и отражателю, находящиеся на одной опорной точке, и находились их разности (см. формулу 1). Затем по формуле Гаусса (см. формулу 2) определялись средние квадратические ошибки взятия отчётов электронным нивелиром на разных частях его инварной штрих-кодовой рейки.

Нами был изготовлен ступенчатый упрощенный компаратор, состоящий из 12 ступеней и с диапазоном превышения между самой низкой и самой высокой опорной точкой порядка 1,8 метра. На данном компараторе по вышеописанному алгоритму было выполнено исследование электронного нивелира TrimbleDINI 0.3 с двухметровой инварной штрих-кодовой рейкой. Полученные результаты исследования приведены на рисунке 2.

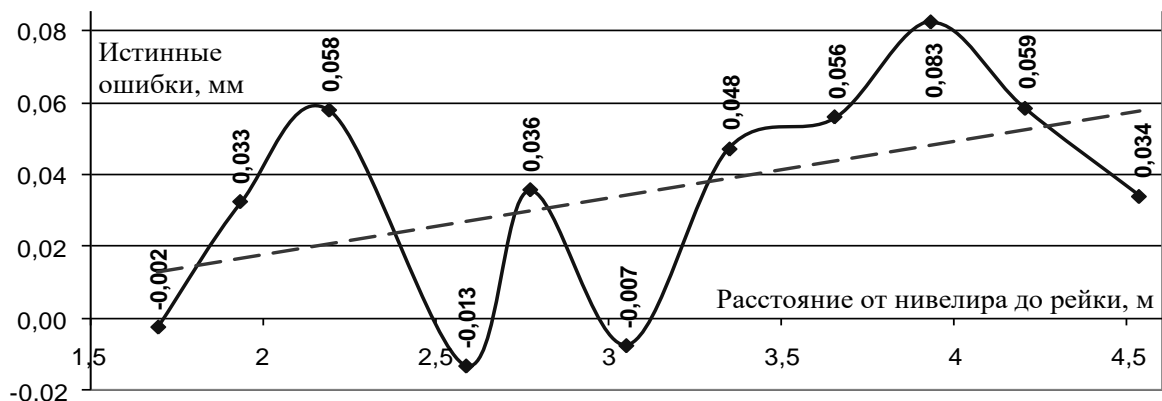


Рисунок 2 – График средних квадратических ошибок измерений превышений электронным нивелиром Trimble DINI 0.3 на разных частях инварной штрих-кодовой рейки

По результатам исследований короткопериодических и длиннопериодических инструментальных погрешностей системы электронный нивелир Trimble DINI 0.3 и его двухметровой инварной штрих-кодовой рейки сделаны следующие выводы:

– ошибки (стабильность) взятия отчётов электронным нивелиром по штрих-кодовой рейке напрямую зависит от расстояния между ними и изменяется от 0,02 мм до 0,24 мм;

– средняя квадратическая ошибка измерений превышений электронным нивелиром Trimble DINI 0.3 на разных частях двухметровой инварной штрих-кодовой рейки при длине плеча от 1,7 м до 4,5 м в лабораторных условиях составила 0,044 мм.

Исследования влияния различных источников ошибок измерений позволяет достигать предельной инструментальной точности в заданном диапазоне.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Травкин С.В. Разработка методов и средств поверки и калибровки геодезических приборов для измерения превышений : дис. канд. техн. наук 25.00.32 / С.В.Травкин– М., МИИГАиК, 2007. – 144 с.
2. Уставич Г.А. и др. Исследование штрих-кодовых реек цифровых нивелиров / Г.А. Уставич, Н.М. Рябова, В.Г. Сальников, А.Н. Теплых // Вестник СГУГиТ – Новосибирск: СГУГиТ, – 2010. – С. 3–8.
3. Заяров Ю.В. Поверка нивелиров на вертикальном компараторе / Ю.В. Заяров, М.И. Орехов, Д.М. Арсеньев // Безопасность ядерной энергетики : тез. докл. XV Междунар. науч.-практ. конф., 6–8 июня 2019 г. / ВИТИ НИЯУ МИФИ [и др.]. – Волгодонск: ВИТИ НИЯУ МИФИ, – 2019. – С. 196–199.
4. Пимшин И.Ю. Исследование зависимости погрешностей взятия отчётов геодезическими электронными приборами от расстояния между прибором и визирной целью / И.Ю. Пимшин, Т.М. Пимшина // Сбор. науч. трудов: транспорт, наука, образование, производство. Том 4. Технические науки и естественные науки. – Ростов-на-Дону: ФГБОУ ВО РГУПС. – 2016. – С. 101–103.

### Investigation of instrumental measurement errors of excess by electronic leveling on different parts of the barcode rail

T.M. Pimshina<sup>1</sup>, D.M. Arseniev<sup>2</sup>, I.Y. Pimshin<sup>3</sup>

Ural Federal University, Rostov-on-Don, Russia

<sup>1</sup>e-mail: pimshina.tat@yandex.ru ; <sup>2</sup>e-mail: dima81-07@mail.ru ;

<sup>3</sup>e-mail: ivan.pimshin@yandex.ru

**Abstract.** The paper considers the issues of determining the short-period and long-period instrumental error of the "electronic level - barcode rail" system. The results of a practical study of instrumental measurement errors of excess by an electronic level on different parts of the barcode rail are presented.

**Keywords:** standardization, metrology, instrumental errors of excess measurement, accuracy study, electronic leveling system – barcode rail, laser tracker, simplified step vertical comparator.

УДК: 528.482: 621.311.25

## Основные причины, влияющие на эксплуатационные характеристики зданий и сооружений

Д.С Анжеуров<sup>1</sup>, Г.А. Науменко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Департамент автомобильных дорог и организации дорожного движения города Ростова-на-Дону, Ростов-на-Дону, Россия*

<sup>2</sup> *Донской государственный технический университет (ДГТУ), Ростов-на-Дону, Россия*

<sup>1</sup> e-mail: [gost.stels@inbox.ru](mailto:gost.stels@inbox.ru); <sup>2</sup> e-mail: [geodezy@inbox.ru](mailto:geodezy@inbox.ru)

**Аннотация.**Целью данной работы является рассмотрение основных факторов, влияющих на эксплуатационные характеристики зданий и сооружений, которые стоит учитывать при оценке остаточного ресурса объектов строительства. Данную тему стоит считать актуальной, поскольку темпы строительства новых АЭС увеличиваются, а для экономии ресурсов можно продлить срок эксплуатации уже существующих АЭС. Представленная работа рекомендуется к ознакомлению как студентам, так и молодым специалистам, которые планируют работать над строительством новых и контролем существующих несущих конструкций зданий и сооружений, т.к. раскрывает основные принципы влияния эндогенных экзогенных и техногенных факторов, которые необходимо учитывать при оценке остаточного ресурса. Объем работы составляет 3 страниц. Иллюстративный материал включает 2 изображения и 1 таблицу. Список использованных источников представляет 3 наименования.

**Ключевые слова:** геодезия, несущие конструкции, АЭС, эксплуатационные характеристики.

Выделяют 3 основных группы факторов, влияющих на эксплуатационные характеристики зданий и сооружений (в таблице 1 перечислены данные негативные факторы).

Таблица 1 – Факторы, воздействующие на здания и сооружения

Физико-химические воздействия	Механические воздействия	Физико-химические воздействия	Механические воздействия
Радиация	Ветер	Звуковые колебания	Биологические вредители
Температура	Грозовые разряды	Технологические процессы (пролив жидкостей)	Колебания температуры
Осадки (кислоты)	Морозное пучение	Влажность	Блуждающие толчки
Газы, химические вещества	Нагрузки постоянные/временные	Сейсмovolны	Технологические процессы (ударные работы)

К 1-ой группе относятся внутренние (эндогенные) факторы: физико-химические процессы, которые протекают в материалах конструкций (нагрузки различного рода, а также процессы, возникающие при эксплуатации объекта).

К 2-ой группе относят внешние факторы (экзогенные): климатические (температура и влажность воздуха, солнечная радиация), характер окружающей среды (ветер, частицы пыли, факторы биосферы).

К 3-ей группе относят техногенные факторы, которые появляются вследствие выполнения строительных работ, реконструкции или ремонта здания, а также при эксплуатации сооружений (зачастую данные факторы включают в состав других групп).

Рассмотрим более подробно некоторые факторы, воздействующие на здания и сооружения.

Коррозия (эндогенный фактор) – химическое самопроизвольное разрушение металлов, железобетонных и бетонных конструкций в результате химического,

электрохимического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой (рисунок 1). Коррозию разделяют на 3 вида:

- выщелачивание извести из цемента, заключается в вымывании водой сквозь толщу бетона его составных частей, в частности гидрата окиси кальция (гашеная известь) Этот процесс и называется выщелачиванием извести и очень опасен для бетона, т.к. известь является основой почти всех цементных растворов. Характерная черта данной коррозии – наличие белого налета (выпавшие в осадок соли) на поверхности конструкций.

- кислотное разрушение носит характер химического разрушения, которое проявляется при контакте конструкций с кислотами, солями и щелочами. В таком случае химические растворы вступают в обменные реакции с составными частями цементного камня и образуют хорошо растворимые соли. Данная проблема особенно актуальна вблизи промышленных комплексов, где химические выбросы проводятся в больших количествах.

- сульфатная коррозия или кристаллизационное разрушение коррозии происходит из-за накопления в порах конструкций кристаллов солей. Данный процесс может быть обусловлен 2-мя причинами:

- в процессе химических реакций, проявившихся в результате взаимодействия агрессивной среды и составных частей цементного камня;

- вследствие накопления солей, принесенных осадками извне и выделения их из раствора бетона при медленном испарении влаги. Такая проблема часто возникает в регионах с засушливым климатом и засоленными грунтами.

Коррозия также может происходить и физико-механически. Если в поры конструкции попадет влага, то при замерзании и оттаивании в конструкциях возникают трещины.



Рисунок 1 – Коррозия железобетонных конструкций

Морозное пучение (экзогенный фактор) (рис. 2) заключается в увеличении объема грунтов, за счет замерзания верхних увлажненных слоев, которые находятся выше грунтовых вод, и подсосывания воды из нижних слоев.



Рисунок 2 – Морозное пучение

Для решения подобных проблем при возведении новых зданий вблизи существующих необходимо проводить работы, которые будут препятствовать увлажнению и дальнейшему промерзанию оснований существующих фундаментов при отрывке вблизи них новых котлованов.

Конструкции, состоящие из бетона, при соприкосновении с воздухом или грунтом часто увлажняются и промерзают, что приводит к образованию трещин и повышению напряжения внутри конструкций. При этом чем меньше пористость материала, тем выше морозостойкость.

Техногенными факторами можно назвать черту, которую присваивают экзогенным и эндогенным факторам. Так при рассмотрении такого эндогенного фактора, как коррозия (выщелачивание), которое может проявиться из-за воздействия дождя на бетонные конструкции, вблизи заводов может добавиться кислотное разрушение, которое будет носить техногенную черту, которая в свою очередь обусловлена химическими выбросами в атмосферу и добавлением в частицы воды щелочей и кислот.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обследование, расчет и усиление зданий и сооружений. – М.: Калинина А.А., 2004. Survey, calculation and reinforcement of buildings and structures. – М.: Kalinina A.A., 2004;
2. «Основы управления недвижимостью». «Fundamentals of Real estate Management» URL: <https://studfile.net/preview/3548418/>;
3. «Факторы, вызывающие изменения эксплуатационных свойств элементов зданий и сооружений». «Factors causing changes in the operational properties of elements of buildings and structures». URL: <https://mydocx.ru/11-98549.html>.

### The main reasons affecting the operational characteristics of buildings and structures

<sup>1</sup>D.S.Anzheurov, <sup>2</sup>G.A.Naumenko

<sup>1</sup> Department of Highways and Traffic Management of the city Rostov-on-Don, Rostov-on-Don, Russia

<sup>2</sup> Don State Technical University (DSTU), Rostov-on-Don, Russia

<sup>1</sup>e-mail: [gost.stels@inbox.ru](mailto:gost.stels@inbox.ru)

<sup>2</sup>e-mail: [geodezy@inbox.ru](mailto:geodezy@inbox.ru)

**Abstract.** The purpose of this work is to consider the main factors affecting the operational characteristics of buildings and structures that should be taken into account when assessing the residual resource of construction facilities. This topic should be considered relevant, since the pace of construction of new nuclear power plants is increasing, and in order to save resources, it is possible to extend the life of existing nuclear power plants. The presented work is recommended for familiarization by both students and young professionals who plan to work on the construction of new and control of existing load-bearing structures of buildings and structures, because reveals the basic principles of the influence of endogenous exogenous and technogenic factors that must be taken into account when assessing the residual resource. The volume of work is 3 pages. The illustrative material includes 2 images and 1 table. The list of sources used represents 3 names.

**Keywords:** geodesy, load-bearing structures, NPP, operational characteristics.

---

---

**СЕКЦИЯ**

---

---

**КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ЯДЕРНОЙ  
ЭНЕРГЕТИКИ И ТЕРРИТОРИЯХ ИХ РАСПОЛОЖЕНИЙ:  
СОЦИОКУЛЬТУРНЫЙ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ**

УДК.338.28: 620.9

**Комплексная экспертиза проектов в энергетической сфере с учетом экологических  
и социокультурных аспектов**

**Н.А. Верстин<sup>1</sup>**

*Российский университет дружбы народов, Москва, Россия  
<sup>1</sup>e-mail: verstinnick@gmail.com*

**Аннотация.**Автором рассмотрены условия, определяющие необходимость проведения экспертиза проектов в энергетической сфере с учетом экологических и социокультурных аспектов, которые актуальны для всех стран мира. Приводятся количественные показатели, демонстрирующие опасности влияния объектов энергетики на жизнедеятельность людей, которые надо учитывать при осуществлении экспертизы проектов. Предложены принципы экспертизы проектов, формирующих содержательную характеристику оценивания, и определяющих возможность формирования инструментария их реализации в контексте целей устойчивого развития (ЦУР) концепции устойчивого развития (Sustainable Development).

**Ключевые слов:** Энергетическая сфера, проекты, устойчивое развитие, принципы, экспертиза.

В последние два десятилетия в РФ, а также во многих странах мира, как на уровне государственных структур, так и на уровне отдельных организаций получила развитие деятельность, связанная с устойчивым развитием в области экологии и в социально-культурной сфере, которая ранее не была в числе приоритетных при оценке проектов в энергетике [1]. При этом постоянный рост объемов промышленного производства, ускорение темпов жилищного строительства с соответствующей инфраструктурой, а также увеличение количества объектов общественного назначения неизбежно влекут за собой увеличение потребности в источниках энергии. Все страны мира идут по пути урбанизации, которой сопутствует увеличение потребности в энергетических ресурсах: уже в 2007 г. более половины жителей нашей планеты проживают в городах, а к 2030 г. прирост населения на городских территориях составит еще 10 %[2, 5].

Развитие самой энергетической сферы в современных условиях также претерпевает изменения, связанные с протекающими геополитическими процессами, которые потребовали пересмотра структуры используемых энергетических ресурсов многих стран мира, как обеспеченных ими в достаточной степени, так и испытывающих потребности в закупке ресурсов в других странах. Но важным ограничением в принятии такого рода решений остаются реалии жизнедеятельности людей в городах мира, 90% которых уже семь лет дышат воздухом, не отвечающим установленному ВОЗ стандарту безопасности, в том числе свыше 50% жителей городов дышат воздухом в 2,5 раза превышающим нормы ВОЗ. Значительный «вклад» в загрязнения вносят потребители энергии – «домашние хозяйства» (до 29% глобального энергопотребления), которые дают 21% выбросов углекислого газа в атмосферу селитебных территорий [2].

Все это приводит к необходимости отойти от традиционно сложившихся стереотипов экспертизы проектов в энергетической сфере по техническим и экономическим показателям и последовательно перейти к расширению спектра оценки за счет включения в нее экологических и социокультурных аспектов [3,4]. Основным аргументом к этим действиям становится необходимость формирования культуры



безопасности на объектах систем энергетики и территорий их расположения в контексте положений концепции *устойчивого развития (Sustainable Development)*, сформулированной еще в 70-е гг. прошлого века, и последовательно реализуемой в наше время. Эксперты в области устойчивого развития отмечают, что «энергетика является доминирующим фактором в области изменения климата, и на ее долю приходится около 60% от общего объема глобальных выбросов парниковых газов» [2].

Отметим основные цели устойчивого развития (далее сокр. – ЦУР), которые ориентируют на осуществление комплексной экспертизы проектов в энергетической сфере с учетом экологических и социокультурных аспектов, и определяют возможность формирования инструментария их реализации на основе принципов, формирующих содержательную характеристику оценивания. Ключевой ЦУР в числе других является ЦУР 7 «Обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех», в контексте которой был разработан мониторингового характера документ – «глобальная информационная панель», аккумулирующая информацию о «прогностическом прогрессе в области обеспечения доступа к энергии, энергоэффективности и возобновляемых источников энергии». Этот документ является «общим знаменателем» для всех стран и позволяет осуществить их сравнение в части достижения задач, поставленных в рамках целей в области устойчивого развития на период до 2030 года. В их составе задача «к 2030 году обеспечить всеобщий доступ к недорогому, надежному и современному энергоснабжению», которая конкретизируется посредством других, свидетельствующих о том, что в оцениваемой перспективе следует ожидать значительное количество проектов в энергетической сфере, требующих оценки с учетом экологических и социокультурных аспектов: «к 2030 году расширить инфраструктуру и модернизировать технологии для современного и устойчивого энергоснабжения», «к 2030 году активизировать международное сотрудничество в целях облегчения доступа к исследованиям и технологиям в области экологически чистой энергетики ... поощрять инвестиции в энергетическую инфраструктуру и технологии экологически чистой энергетики».

Базовые ориентиры для учета экологических и социокультурных аспектов при экспертизе проектов в энергетической сфере, которые определяют принципы их реализации, содержатся в других ЦУР. Рассмотрим их подробнее. Общеизвестно, что процессы урбанизации нарастают, в том числе наблюдается рост объектов энергетики на урбанизированных территориях, на население которых приходится более 70% от общего количества выбросов CO<sub>2</sub> в мире при условии потребления более 60% ресурсов. В этой связи основополагающим принципом экспертизы проектов в энергетической сфере должно быть наличие в открытом доступе для общества мероприятий по обеспечению экологической безопасности территорий расположения объектов энергетики, которые имеют и количественные характеристики. Этот принцип является конкретизирующей идеей ЦУР 11, связанной с экологической устойчивостью территорий, на которых проектируется расположение объектов энергетики. И в числе поставленных задач – к 2030 г. надо еще более расширить масштабы открытой для всех и экологически устойчивой урбанизации во всех странах.

Принципом, направленным на количественные оценки проектов в аспекте предотвращения изменений климата и его последствий (ЦУР 13), должен стать принцип лимитирования выбросов CO<sub>2</sub> и других парниковых газов в атмосфере в связи с функционированием проектируемого объекта энергетической сферы на территории его расположения. Важно подчеркнуть, что во всех странах на всех континентах изменение климата для людей связано необходимостью переживать все более суровые погодные условия, которые негативно влияют как на жизнь людей, так и на ее экономические условия, через разрушающие воздействия на экономику стран. Важным социокультурным аспектом экспертизы проектов является обеспечение перехода населения к рациональным моделям потребления и производства (ЦУР 12), которое применительно к энергетической

сфере означает относительно традиционных источников энергии существенное уменьшение отходов от использования объектов энергетики за счет их сокращения и предотвращения образования. При этом актуальным является признание в обществе пользы от возобновляемых источников энергии, которые уже в 2015 г. давали 17,5% конечного потребления энергии. В этой связи правомерен принцип обеспечения приоритета в пользу возобновляемых источников энергии и принцип обязательности наличия мероприятий в проекте, демонстрирующих возможности предотвращения отходов, безопасной их переработки при неизбежности возникновения. Мотивационной основой деятельности людей в современном мире, которая демонстрирует культуру восприятия нового и желание улучшений, является их целенаправленная деятельность по созданию устойчивой и безопасной энергетической инфраструктуры на основе активной поддержки процессов индустриализации и инноваций (ЦУР 13). Поэтому закономерен еще один принцип экспертизы проектов, в соответствии с которым осуществляется оценка наличия в проектных решениях инновационных технологий, в том числе и используемых для эффективного потребления энергетических ресурсов. Всем странам в мире еще предстоит найти и использовать резервы инноваций, а для этого важно понимание обществом и государством увеличения объема инвестиций в научные исследования и образование.

В целом, культура безопасности на энергетических объектах и на территориях их расположения, понимаемая в широком смысле этого слова, обеспечению которой могут способствовать предложенные автором принципы, будет способствовать выполнению ЦУР 3 «Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте», показателем достижения которой будет «существенное сокращение количества случаев смерти и заболеваний в результате воздействия опасных химических веществ и загрязнения и отравления воздуха, воды и почв». Дальнейшим направлением исследований в представленном в докладе направлении должна стать разработка комплексной системы качественной и количественной оценки проектов в энергетической сфере с учетом экологических и социокультурных аспектов на основе предложенных принципов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дигилина О.Б., Верстин Н.А. Общее и специфическое в теплоснабжении постсоветских стран Центральной Азии // Экономика Центральной Азии. – 2022. – Том 6. – № 4. – doi: 10.18334/asia.6.4.116794
2. Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию «Наше общее будущее», 1987 г. URL: <http://www.un.org/ru/ga/pdf/brundtland.pdf>
3. Менеджмент энергоэффективности промышленных объектов : монография / Н. Г. Верстина, Н. А. Солопова, Н. Н. Таскаева [и др.]. — Москва : МИСИ-МГСУ, ЭБС АСВ, 2022. — 98 с. — ISBN 978-5-7264-2995-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/122821.html>
4. Постановление Правительства РФ от 31.12.2020 N 2398 (ред. от 07.10.2021) "Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий" URL: <https://docs.cntd.ru/document/573292854>
5. Цели в области устойчивого развития. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/>

### **Comprehensive expertise of projects in the energy sector, taking into account environmental and socio-cultural aspects**

**N.A.Verstin<sup>1</sup>**

*Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia*

<sup>1</sup>*e-mail: verstinnick@gmail.com*

**Abstract.** The author considers the conditions that determine the need for an examination of projects in the energy sector, taking into account environmental and socio-cultural aspects that are relevant to all countries of the world. Quantitative indicators are given that demonstrate the dangers of the impact of energy facilities

on people's livelihoods, which must be taken into account when carrying out the examination of projects. The principles for the examination of projects that form the content of the evaluation and determine the possibility of forming tools for their implementation in the context of the sustainable development goals (SDGs) of the concept of sustainable development (Sustainable Development) are proposed.

**Keywords:** Energy sector, projects, sustainable development, principles, expertise.

УДК 621.039.58

## Социокультурные аспекты безопасности объектов ядерной энергетики на примере города Нововоронеж

Е.В. Парина<sup>1</sup>, Н.М. Гафури<sup>2</sup>, О.А. Древалева<sup>3</sup>

*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» Нововоронежский политехнический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» г. Нововоронеж, Россия*

<sup>1</sup>*e-mail:* [lenokpar@mail.ru](mailto:lenokpar@mail.ru)

<sup>2</sup>*e-mail:* [nataligafuri@mail.ru](mailto:nataligafuri@mail.ru)

<sup>3</sup>*e-mail:* [jaolja\\_1990@mail.ru](mailto:jaolja_1990@mail.ru)

**Аннотация.** В работе рассматривается проблема безопасности объектов ядерной энергетики, на примере НВ АЭС связанная с экологической культурой лиц, находящихся в зоне социальной ответственности предприятия – жителей города Нововоронеж, воспитанников детских садов, учащихся школ и вуза. Обращается внимание на развитие на территории города Нововоронеж непрерывного образования и подготовки сотрудников – школа – СПО – ВПО, по направлениям, связанным с атомной промышленностью. Прослеживается связь безопасной эксплуатации объектов ядерной энергетики с развитой экологической культурой, правом граждан страны на здоровую и благоприятную окружающую природную среду и выработка стремления в рамках рабочего коллектива, предприятия и страны к обеспечению безопасных условий труда. Анализируется работа по формированию благоприятного образа объектов ядерной энергетики, связанная с пропагандой экологических знаний, обеспечением населения необходимой экологической информацией, участием населения в принятии решений посредством голосования.

**Ключевые слова:** Атомная энергетика, конституция, экологическая культура, культура безопасности, государственная политика, экологическое воспитание, экологические акции, положительный образ объекта, подготовка сотрудников, безопасные условия труда.

Атомная энергетика несет потенциальную угрозу жизни и здоровью населения. Так в результате аварии на ЧАЭС в 1986 году, около 2,5% территории области было заражено. Потенциальную угрозу безопасности населения представляет Нововоронежская АЭС, находящаяся на территории области, Курская и Смоленская АЭС. Качество безопасности объектов ядерной энергетики, определяется экологической грамотностью и культурой людей эксплуатирующих и проживающих в непосредственной близости.

В конституции РФ ст.42, указано право граждан нашей страны на здоровую и благоприятную окружающую природную среду. Правительством Российской Федерации, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации принимаются меры по улучшению состояния окружающей среды, что невозможно представить без повышения культуры безопасности сотрудников и населения, находящегося вблизи объектов ядерной энергетики [1]. Вопросы экологической грамотности и культуры получили свое отражение в законодательных актах ст. 71-74 Закона «Об охране окружающей среды» [2].

В ст. 71 говорится о том, что для повышения экологической культуры и профессиональной подготовки специалистов устанавливается система всеобщего, комплексного и непрерывного экологического воспитания, и образования, охватывающая весь процесс дошкольного и школьного воспитания, профессионального обучения специалистов в средних и высших учебных заведениях, повышения квалификации по

системе послевузовского образования с использованием средств массовой информации [2]. Статья 73 требует, чтобы руководители ведомств, организаций, предприятий и учреждений, связанные с деятельностью, оказывающей вредное влияние на окружающую природную среду и здоровье человека, имели обязательную экологическую подготовку [2].

Реализация политики в области укрепления культуры безопасности, экологического образования осуществляется через систему непрерывного экологического обучения, посредством проведения массовых экологических акций, круглых столов, конференций и других мероприятий. Экологическое просвещение в аспекте культуры безопасности объектов ядерной энергетики, реализуется через систематическую работу с исполнительными органами государственной власти, органами местного самоуправления и руководством НВ АЭС.

Для повышения уровня экологической культуры персонала атомной станции и населения на территории её расположения проводится ряд мероприятий по пропаганде экологических знаний, обеспечению населения необходимой экологической информацией. Начиная с детского сада создается положительный образ города атомщиков, в школах ведется агитационная работа по привлечению к обучению по программам СПО и ВПО по направлениям, связанным с атомной промышленностью на территории города Нововоронеж создана система непрерывного образования и подготовки сотрудников для атомных станций.

Ежегодно проводятся мероприятия посвященные Всемирному дню охраны труда, раздел творчество вышел за рамки станции, в нем принимают участие учащиеся всех школ и детских садов города. Основная стратегия – это привлечение внимания общества к проблеме снижения травматизма и выработке стремления в рамках рабочего коллектива, предприятия, к обеспечению безопасных условий труда. Формированию благоприятного образа объектов ядерной энергетики способствуют проводимые акции, выставки, беседы, лекции, конкурсы. Все это направлено на развитие экологической культуры будущих сотрудников станции.

Нововоронеж – город-спутник Нововоронежской АЭС, в нем создаются комфортные условия для жизни, досуга и всестороннего развития. Нововоронежская АЭС осуществляет софинансирование в рамках реализации проекта «Цифровая образовательная среда» и «Современная школа национального проекта «Образование», велась закупка оборудования для объединения «Леонардо-инженерный класс» Нововоронежского Дома детского творчества, вокальной студии г. Нововоронеж «До-ми-соль». Такие объекты на территории города как спортивно-оздоровительный комплекс «Атом Арена», стадион «Старт» построены благодаря Соглашению, заключенному между Госкорпорацией «Росатом» и правительством Воронежской области. В 2023 году НВ АЭС выделяет средства на установку памятника А.С. Пушкину в рамках сооружения архитектурных форм исторического наследия г. Нововоронеж.

По данным НВ АЭС в 2022 году в ряды сотрудников было принято 80 выпускников, в сравнении с 2018 эта цифра выросла в три раза. Станция проводит последовательную работу по вовлечению молодых специалистов, а также адаптации вновь прибывших в коллективе: конкурсы профмастерства, участие в форумах и слетах на уровне Концерна «Росэнергоатом» и Госкорпорации «Росатом», волонтерские акции, спортивные мероприятия и многое другое.

23.03.2023 при поддержке атомщиков Нововоронежский политехнический колледж стал вузом. Идею трансформации нашего образовательного учреждения в вуз поддержали в Госдуме и Госкорпорации «Росатом». Мы активно участвуем в экологизации городских пространств. Велось и продолжает вестись студентами и преподавателями НВПИ участие во всероссийских акциях «Эко-марафон ПЕРЕРАБОТКА: «Сдай бумагу-спаси дерево», волонтеры «Атомной республики» приняли участие в акции «Вода России» по очистке от мусора берегов водоемов, наши студенты занимались очисткой берега пруда охладителя. Всероссийский субботник 7.04.2023, участие в региональной акции «Скворушка».

Высококвалифицированные сотрудники, имеющие соответствующее образование, необходимы корпорации. Важным является привитие культуры безопасности на объектах ядерной энергетики уже с момента поступления в профильное учебное учреждение.

Студенты нашего института активно вовлечены в процессы, происходящие в городе и направленные на повышение культуры безопасности. Так 27.04.2023 студенты 1 и 2 курсов приняли участие в «Уроке мужества», посвященном теме эволюции атомных технологий. Мероприятие организовали профсоюзный комитет НВ АЭС и ветераны-чернобыльцы, на площадке учебно-информационного центра Нововоронежской АЭС. Оно проводилось специалистами Нововоронежского филиала Аварийно-технического Центра Росатома, спасателями пожарной части №14 НВ АЭС. Студентам продемонстрировали образцы современной техники, рассказали про многоступенчатую систему безопасности современных атомных станций, отвечающую международным требованиям, подготовку персонала. Студентам показали и рассказали об оборудовании радиационной и инженерной разведки, оснащении пожарных автомобилей, роботах манипуляторах, комплектах защитных костюмов.

Ежегодно преподаватели института, совместно с представителями НВ АЭС принимают участие в оценке проектной деятельности школьников межмуниципального конкурса «Дебют в науке», защита исследовательских работ в области химии, физике и биологии, проходила в межшкольном сетевом центре компетенций «Атом-класс». Важным является воспитание молодежи в духе традиций градообразующего предприятия, развитие склонностей к инженерной деятельности направления культуры безопасности объектов ядерной энергетики.

29.03.2023 студенты НВПИ приняли участие в форуме Нововоронежской АЭС «Экологические вызовы – векторы стратегии развития», который был организован совместно с Воронежским областным отделением Всероссийского общества охраны природы. Форум прошел на базе НВ АЭС, которая на протяжении многих десятилетий демонстрирует полную экологическую безопасность. На форуме собралась молодежь, появилась возможность обсудить актуальные вопросы экологии, связанные с развитием культуры безопасности, позволяющие глубже проникнуть в существующие экологические тенденции.

Процесс формирования экологической культуры и культуры безопасности, связан с повышением общекультурного уровня современного общества. Важно становление индивидуального самосознания отдельного человека, воспринимающего современную культуру безопасности на объектах ядерной энергетики и территориях, прилегающих к ним как свою собственную. Становление экологической культуры открывает путь к созданию экологически ориентированного общества. Культура безопасности отдельного человека – это отдельные «кирпичики», из которых строится общее «здание» экологической культуры и даже без одного из них, здание уже не будет прочным. Решая экологические проблемы, мы становимся соучастниками общей жизни.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конституция Российской Федерации (последняя редакция) 2022 с изменениями, одобренными общероссийским голосованием. Гимн, герб и флаг Российской Федерации. Основной закон РФ, новая книга с поправками, 2020, 2021. – М.: АСТ, 2022. – 73 с.
2. Федеральный Закон «Об охране окружающей среды». – М.: Омега-Л, 2022. – 96 с.

### **Sociocultural Aspects of Nuclear Power Facilities Safety on the Example of Novovoronezh**

**E.V. Parinova<sup>1</sup>, N.M. Gafuri<sup>2</sup>, O.A. Drevaleva<sup>3</sup>**

*National Research Nuclear University "MEPhI" Novovoronezh Polytechnic Institute – branch of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education "National Research Nuclear University "MEPhI", Novovoronezh, Russia*

<sup>1</sup>*e-mail: lenokpar@mail.ru*  
<sup>2</sup>*e-mail: nataligafuri@mail.ru*  
<sup>3</sup>*e-mail: jaolja\_1990@mail.ru*

**Abstract.** The work considers the problem of safety of nuclear power facilities (on the example of NV NPP), related to the ecological culture of persons in the zone of social responsibility of the enterprise - residents of the city of Novovoronezh, pupils of kindergartens, students of schools, colleges and an institute. Attention is paid to the development of continuous education and training of employees on the territory of the city of Novovoronezh - school - secondary vocational education - higher education, in areas related to the nuclear industry. The connection of safe operation of nuclear power objects with the developed ecological culture, the right of citizens of our country to healthy and favorable environment and development of aspiration within the working collective, enterprise and the country to provide safe working conditions is traced. The work on the formation of a favorable image of nuclear power facilities is analyzed, related to the promotion of environmental knowledge, providing the population with the necessary environmental information, participation of the population in decision-making through voting.

**Keywords:** nuclear power, constitution, ecological culture, safety culture, state policy, environmental education, environmental actions, positive image of the facility, employee training, safe working conditions.

УДК 338.49: 378: 620.9

## **Формирование имущественных комплексов университетов на основе взаимодействия с организациями-работодателями энергетической отрасли**

**С.С. Игитханян<sup>1</sup>, О.Ф. Цуверкалова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Московский государственный юридический университет имени О.Е. Кутафина, Москва, Россия*

<sup>2</sup>*Волгодонский инженерно-технический институт – филиал НИЯУ МИФИ, Волгодонск, Россия*

<sup>1</sup>*e-mail: sergo\_071287@mail.ru*

<sup>2</sup>*e-mail: oftsuverkalova@mephi.ru*

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы формирования структуры имущественных комплексов университетов в контексте достижения целей устойчивого развития и Программы ООН по населенным пунктам (ООН-Хабитат). Приводится оценка динамики финансирования высшего образования и ключевых направлений инвестирования в развитие вузовской инфраструктуры. Рассматривается накопленный опыт взаимодействия университетов с предприятиями-работодателями в части формирования материально-технической базы вузов, а также перспективные направления сотрудничества в данном аспекте.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, территории присутствия ГК «Росатом», университетские имущественные комплексы, практико-ориентированный подход к обучению.

В 2015 году ООН приняла программу в области устойчивого развития [1], в рамках которой были сформулированы 17 основных целей, направленных на повышение экономического благосостояния стран мира при одновременном обеспечении социального и экологического благополучия. Одна из целей – ЦУР 11 – «Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов» приобретает особое значение применительно к территориям размещения объектов атомной энергетики, поскольку безопасность функционирования атомных станций в значительной степени определяется качеством жизни персонала этих объектов. Для успешной реализации ЦУР 11 в 2020 г. был принят еще один программный документ – Программа ООН по населенным пунктам (ООН-Хабитат «WorldCitiesReport 2020: TheValueofSustainableUrbanization»), в которой подчеркивается роль образовательных организаций в создании и развитии благоприятной городской среды: «Мы обязуемся повышать экономическую производительность, по мере необходимости, путем предоставления рабочей силе доступа к возможностям для получения дохода, знаниям, навыкам и учебным заведениям, способствующим формированию новаторской и

конкурентоспособной городской экономики» [2]. В связи с этим анализ перспектив развития университетских комплексов на территориях присутствия ГК «Росатом» является актуальной задачей.

На первом этапе проведенного исследования был выполнен анализ общего состояния имущественных комплексов российских вузов на основе официальных статистических данных, представленных на сайте Федеральной службы государственной статистики (Росстат), а также других статистических и аналитических источников. Учитывая, что формирование имущественного комплекса напрямую связано с объемами финансированием, было установлено, что за период с 2010 г. по 2021 г. общее увеличение расходов на образование составило 65,7%, а государственное финансирование ВО увеличилось на 72%. Доля государственных расходов в общем объеме расходов на высшее образование составила 60,7% в 2020 г. против 59% в 2010 г. [3].

Увеличение финансирования положительным образом сказалось на изменении величины имущественных комплексов университетов: по данным формы ВПО-2 «Сведения о материально-технической и информационной базе, финансово-экономической деятельности образовательной организации высшего образования» [4] за последние годы общий объем имущества вузов вырос на 31,3% с 1144150838,3 тыс. руб. в 2015 г. до 1502388980,4 тыс. рублей в 2021 г., что позволяет говорить о повышении эффективности использования вкладываемых средств.

Говоря о направлениях использования инвестиций, можно констатировать, что основными направлениями являются расширение учебно-лабораторных площадей и совершенствование их оснащения, а также расширение базы практико-ориентированного подхода к обучению в виде нематериальных активов (табл. 1).

Таблица 1 – Динамика отдельных показателей имущественных комплексов российских университетов [4]

Наименование показателей	2019	2021	Темп роста, %
Число учебных мест в лабораториях, ед.	772762	799107	103,4
Число учебных (рабочих) мест в учебно-производственных помещениях (мастерских, полигонах, технодромах, учебных цехах и т.п.), ед.	252704	256261	101,4
в том числе предоставлено организациями, с которыми заключены договоры на подготовку кадров	106690	108079	101,3
Количество автоматизированных тренажерно-обучающих комплексов (систем)	20963	22817	108,8

Определяя направления дальнейшего развития имущественных комплексов университетов, следует отметить уже накопленный опыт: еще в советское время в нашей стране сложилась практика создания «научно-образовательно-производственных комплексов» на основе непосредственного взаимодействия предприятий и образовательных организаций, сложившуюся в нашей стране (заводы-ВТУЗы на базе Ленинградскогометаллического завода им. 22-го съезда КПСС, Карагандинскогометаллургического заводаиМосковскогоавтомобильногозавода им. И. А. Лихачева). При переходе к новой экономической формации в нашей стране в 90-е гг. прошлого века накопленный опыт взаимодействия был частично утрачен, поменялся статус и система государственного управления деятельностью образовательных организаций, на фоне чего тесное взаимодействие предприятий-потенциальных работодателей и университетов было сведено к минимуму. В последние годы в связи с необходимостью обеспечения экономического и технологического суверенитета страны практико-ориентированные подходы к обучению получили новый импульс. В складывающихся геополитических и экономических условиях в РФ практически в любой сфере деятельности нашего общества идет поиск резервов повышения эффективности и получения конкурентных преимуществ нашей страны, в том числе и в сферах материального производства и ресурсоснабжения. Поэтому весьма закономерно поставить сейчас вопрос относительно активизации взаимодействий предприятий-работодателей и



образовательных организаций, дислоцирующихся компактно, на одной территории, и определить направления совместной деятельности, которые можно расширить на базе уже имеющихся связей или организовать новые, учитывая значительную поддержку со стороны государства инициатив в условиях формирования кампусов университетов мирового уровня. Формирование триады «образование-наука-производство» становится актуальным в высокотехнологичных отраслях, к которым относится и энергетическая отрасль.

Общеизвестно, что энергетика является весьма ресурсоемким производством, для которого используется как уникальное оборудование, так и сложные инженерные сооружения для его размещения, воспроизвести которые на базе образовательного учреждения представляется проблематичным. На многих территориях присутствия ГК «Росатом», для которых функционирующие объекты энергетики выступают как градообразующие предприятия, находятся и профильные образовательные организации, осуществляющие подготовку кадров для энергетической сферы и являющиеся членами ассоциации «Консорциум опорных вузов Госкорпорации «Росатом». В числе сложившихся практик взаимодействия между университетами и работодателями следует отметить организацию всех уровней практик, привлечение работодателей к организации и проведению учебного процесса, разработку образовательных программ и индивидуальных образовательных траекторий в интересах предприятий, совместное участие в научно-исследовательской деятельности и другие проекты.

Конкретизируя аспекты взаимодействий предприятий-работодателей и образовательных организаций в разрезе формирования имущественных комплексов университетов, необходимо учитывать следующие возможности:

- возможность осуществлять практическую часть обучения на базе функционирующего объекта энергетики по широкой номенклатуре направлений технической и экономической направленности на должностных позициях, оснащение которых является достаточным для приобретения обучающимися практических компетенций. Это, при соответствующем планировании учебного процесса, позволит существенно сократить затраты университета на приобретение и эксплуатацию оборудования;

- возможность передачи университетам оборудования энергетических объектов, которое соответствует своему целевому назначению, но при этом планируется в результате мероприятий по модернизации производства вывести его из использования и заменить на более современное. В этом случае возможна экономия средств университетов за счет передачи выводимого оборудования;

- предоставление университетам возможности использования нематериальных активов -специализированного программного обеспечения и других объектов интеллектуальной собственности, имеющих у профильных предприятий, для подготовки специалистов, обладающих необходимыми профессиональными компетенциями;

- создание на территории предприятий подразделений образовательных организаций с передачей соответствующих площадей и оборудования в соответствии с положениями действующего российского законодательства, на базе которых будет осуществляться определенная часть образовательного процесса.

Углубление интеграции вузов и предприятий работодателей должно найти свое отражение и в показателях мониторинга состояния имущественного комплекса профильных университетов. Так, например, помимо числа учебных (рабочих мест) предоставленных организациями (табл. 1) целесообразно включить показатель «количество студентов, проходящих обучение в структурных подразделениях вузов на площадках предприятий-работодателей», характеризующий эффективность использования соответствующей составляющей имущественного комплекса, а также показатели, связанные с долей оборудования, переданного вузам профильными

предприятиями или приобретенными за счет их средств, в общей структуре имущества университетов.

В заключение следует отметить, что в настоящей работе рассмотрены только экономические аспекты взаимодействия объектов энергетики с образовательными организациями, функционирующими на территориях их расположения, но в качестве перспективы интеграции важно отметить и прогнозируемый социокультурный аспект отношений, который возникает в процессе развития экономических отношений, и требует проведения дальнейших исследований.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. ООН: Цели в области устойчивого развития – Электрон. дан. – URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/about/development-agenda/> – (дата обращения: 18.04.2023)
2. A World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization. – Электрон. дан. – URL: <https://unhabitat.org/world-cities-report-2020-the-value-of-sustainable-urbanization> (дата обращения 20.04.23)
3. Образование в цифрах: 2022 : краткий статистический сборник / Л. М. Гохберг, Л. Б. Кузьмичева, О. К. Озерова и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : НИУ ВШЭ, 2022. – 132 с
4. Образование. сайте Федеральной службы государственной статистики – Электрон. дан. – URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/education/> (дата обращения 12.05.23)

### Formation of universities' property complexes based on interaction with employer organizations

**S.S.Igitkhanyan<sup>1</sup>, O.F.Tsuverkalova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Moscow State Law University named after O.E.Kutafina, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Volgodonsk Engineering and Technology Institute - branch of NRNU MEPhI, Volgodonsk, Russia*

<sup>1</sup>*e-mail: [sergo\\_071287@mail.ru](mailto:sergo_071287@mail.ru)*

<sup>2</sup>*e-mail: [oftsuverkalova@mephi.ru](mailto:oftsuverkalova@mephi.ru)*

**Abstract.** The article deals with the formation of the structure of university property complexes in the context of achieving the goals of sustainable development and the United Nations Human Settlements Program (UN-Habitat). An assessment is made of the dynamics of financing higher education and key areas of investment in the development of university infrastructure. The accumulated experience of interaction between universities and employers in terms of the formation of the material and technical base of universities, as well as promising areas of cooperation in this aspect, is considered.

**Keywords:** sustainable development, territories where SC Rosatom operates, university property complexes, practice-oriented approach to learning.

УДК 336: 339

### Специальная Финансовая Операция, в контексте Перестройки Естествознания и экономики, тандем СФО + СВО

**Н.И. Бакумцев**

*Интеллектуальный международный фонд "Перестройка Естествознания",*

*Ядерное общество России ЯОР, Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

*e-mail: [bakumtsev@yandex.ru](mailto:bakumtsev@yandex.ru)*

**Аннотация.** Интеллектуальный международный фонд "Перестройка Естествознания" инициирует Специальную Финансовую Операцию (СФО) в контексте Перестройки Естествознания и экономики для комплексного решения задач ядерной безопасности и финансовой опоры Специальной Военной Операции (СВО). Однобокая реализация СВО уже тормозится, ввиду беспрецедентного финансового обезоруживания России за счёт долларизации всей мировой торговли с 1991 года, породившей

финансовую американскую оккупацию России. Здесь доказываем необходимость обрушения и доллара, и долларовой банковской системы за счёт создания метрологических денег, мировой эрго-валюты, под патронажем РФ, дезавуирования юридической ничтожности доллара и его производных, мошеннических технологий безконтрольного печатания зелёной рисованной бумаги, опутавшей мир и Россию, растлевающей новое поколение. Для этого следует перестроить деятельность высших органов метрологии и стандартизации на лидерство в сфере управления стандартизацией, аттестацией и номинацией денег как единиц измерения стоимости, согласно инфраструктуры международной системы единиц СИ, с секвестированием функций ЦБ и МВФ.

**Ключевые слова:** Перестройка естествознания, безопасность, экономика, финансы, метрические деньги, метрология, мировая ЭРГО-валюта, СВО, воспитание, наука, образование, инновации, изобретательство, стратегия -2030.

Идёт глобальное противостояние с Россией, под личиной Украины, коллективного запада. И это не только боестолкновения, это – схватка финансово-экономических мощностей, противостояние нравственно-духовно-нравственных сил, интеллектуальных ресурсов, восстановление идеологического иммунитета от капиталистической, античеловеческой, буржуазной власти денег, воспитание и схватка за умы.

СФО включает многовекторный контент, который нами ниже раскрывается из наработок научной «Перестройки Естествознания» с 90-х годов до наших дней.

На наш взгляд СВО, в одностороннем варианте, намного усложнит поражение Украины, ввиду отвлечения на защиту российских территорий. В одной старинной книге сказано: для ведения войны нужны три вещи: Первая – деньги, Вторая – деньги. И третья ещё раз – деньги. Поэтому понятна наша мотивировка: инициировать Специальную Финансовую Операцию (СФО), в тандеме с СВО, комплексно подтянуть вопросы воспитания для духовного укрепления общества в схватке с коллективным западом, поставившем человечество на грань ядерной войны. Мы рассматриваем воспитание и образование в ракурсе Специальной Финансовой Операции.

Помнится, 20 лет назад, в связке с воспитанием, вместе с инновационной программой для ВИ ЮРГТУ ИМФ «Перестройка Естествознания» давал Директору Чернову А.В., официальные рекомендации: в дополнение к профессиональной характеристике, согласно диплому, выдавать выпускникам Аттестат личности, касающийся духовно-нравственной и социально-творческой коммуникабельности. Предложение остаётся в силе и для ВИТИ НИЯУ МИФИ, хотя в Высшей школе Волгодонска в нулевые годы начал оживать духовный аспект благодаря профессору А.А. Руденко [1].

Россия получила от СССР наследство непревзойдённых до сих пор технологии и аппаратуру и ноу-хау типа луноход, экранопланы, ракетные двигатели. РД-180, РД-181, НК-33, космолёт «Буран» – весь комплекс, включая беспилотное автоматическое управление полётом и главное – посадкой, Орбитальная космическая станция Мир, непревзойдённые Ан-225 Мрия, Ан-124 Руслан, эффективная технология обогащения урана для АЭС, топливные элементы для атомных реакторов, Кольская сверхглубокая скважина, ракетный поезд с межконтинентальными ракетами, космическая сварка, выращивание на МКС кристаллов Si, производство редкоземельных металлов и сплавов, Космическое зеркало, сфера золотых пропорций [2] и др.

Вместе с тем, мы обращаем внимание на недостаток производства компонентов элементной базы ЭВМ, деталей машин, робототехники, станков и двигателей, отмечая немалые потери от братания с западом в 90-х, с разрушением предприятий и заводов, и утратой уникальных технологий [3].

Разрушив Советский Союз мы сошли с того пути, который питал величие СССР, вместо этого, решили устроить «экономические эксперименты» в угоду западу, который требовал от нас разрушения всего того, что могло бы помочь нам вылезти из финансовой ямы.

Полагаем, что, по западной модели, современное человечество несовершенно и выглядит как цивилизация с «большой дороги». Чего стоит только одно из порождений

такого несовершенства – экономика как наука. Легко обнаружить в ней многие черты антинауки, так или иначе ответственной за грязные денежные технологии, превратившей экономику, как реальную сферу жизни, в карточную игру, в род шоу с грязным политсценарием. Мировая экономика – это инсценировка. Такой подход не только одобрил Нобелевский лауреат В.Л.Гинзбург, но и усилил критику экономики как антинауки.

Экономика – слабое звено в России, которая тормозит СВО. Слабость экономики вызвана финансовой оккупацией РФ, после развала СССР, долларизацией всей страны, денежной эмиссией и правилами долларовой обращения по указке МВФ, хотя правительство РФ пытается свёртывать долларовой прессинг, однако рублёвое ценообразование пока с трудом пробивает дорогу. Долларовая мера обмена является, на самом деле, мерой обмана.

В работе предлагается от укоризны в адрес экономики перейти к введению метрических денег в экономическое пространство.

Предложенная новая фундаментальная мера стоимости – «эрго-валюта», не подвержена ловкости рук и девальвации, подобно иммунитету от гримас рынка международных единиц СИ. В эрго-валюте использован принцип энергетического эквивалента товаров и услуг. Однако некоторые сферы деятельности социального характера – культура, например, трудно поддаются энергетической (энтропийной) квалиметрии. Поэтому, предложенная единица меры стоимости может использоваться в мировой и национальной торговле в части энергоносителей и товаров, хорошо поддающихся энергетическому (энтропийному) измерению примерно на 70% объёма товарооборота. Гуманитарная деятельность требует специзмерения социальной информоемкости объекта.

Таким образом, метрические деньги, в полном объёме требований к измерительному эталону, должны отвечать информационно-энергетическому эквиваленту. Инновационный банк информационно – энтропийной валютной реконструкции и диверсификации валютного обмена – это реабилитация науки как экономики в эпоху глобализации [4].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руденко В.А., Духовный кризис современного общества и его влияние на состояние российской системы образования – // Ростов н/Д: Изд-во РГПУ, Проблемы современной России. Социокультурный анализ, 2006.
2. <https://fishki.net/2464158-tehnologii-po-kotorym-zapad-ne-dognal-sssr.html>
3. <http://ns-rus.com/spisok-unichtozjennih-predpriyatii/>; <https://clck.ru/BHi83>; <https://aloban75.livejournal.com/389487.html>; <http://www.rospisatel.ru/predpriyatija.htm>.
4. Бакумцев Н.И., Новая фундаментальная мера стоимости мировая «ЭРГО»-валюта, Сборник материалов симпозиума «Перестройка Естествознания в третьем тысячелетии»–/М.: ИМФ «Перестройка Естествознания», 2001.
5. Бакумцев Н.И., Предложения ИМФ «Перестройка Естествознания» и Волгодонского регионального совета ВОИР в Администрацию Волгодонска в порядке стратегического планирования города Волгодонска и Ростовской обл. на период до 2030 года.

### **Special Financial Operation (SFO), in the context of the Restructuring of Natural Science and Economics, the tandem of SFO + SMO**

**N.J. Bakumtsev**

*Intellectual International Foundation "Revision of Natural Science / Perestroika Estestvoznaniya",  
Co-founder of the USSR Nuclear Society, acting Member of the Nuclear Society of Russia (NSR),  
e-mail: bakumtsev@yandex.ru*

**Abstract.** The Intellectual International Foundation "Perestroika Estestvoznaniya" (Revision of Natural Science) initiates a Special Financial Operation (SFO) in the context of the Reconstruction of Natural Science and Economics for the integrated solution of nuclear safety problems as well as the financial support

of the Special Military Operation (SMO). The one-sided implementation of the SMO is already being slowed down, due to the excessive financial disarming of Russia, as well as due to dollarization of the international trade since 1991, which gave rise to the American financial occupation of Russia. Here we prove the need for the collapse of both the dollar and the dollar banking system by creating metrological money, the world ergo-currency, under the patronage of the Russian Federation, disavowal of the legal insignificance of the dollar and its derivatives, fraudulent technologies of uncontrolled printing of green hand-drawn paper that entangled the world and Russia, corrupting the new generation. To do this, it is necessary to restructure the activities of the highest bodies of metrology and standardization for leadership in the field of prerogatives in the management of standardization, certification and nomination of money as units of measurement of value, according to the infrastructure of the international system of SI units, with the sequestration of the function of the CB (Central Bank) and the IMF (International Monetary Fund).

**Keywords:** Revision of natural sciences, security, economy, finance, metric money, metrology, world ERGO-currency, SMO, education, science, education, innovation, invention, strategy –2030.

УДК 339.138

### **Актуализация маркетингового управления при реализации инновационных стратегий госкорпораций (на примере ГК «Росатом»)**

**Д.Г. Хухлаев**

*Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Россия  
e-mail: [omega356@yandex.ru](mailto:omega356@yandex.ru)*

**Аннотация.** В статье обосновывается необходимость стратегического маркетингового управления при формировании и реализации инновационных стратегий, в основе которых лежит создание уникальных технологических компетенций. Анализируя положительный опыт ГК «Росатом» и специфики его деятельности проведена оценка применения современного методологического подхода в сфере стратегического маркетингового управления – маркетинга опережающего развития.

**Ключевые слова:** стратегический маркетинг, маркетинг опережающего развития.

Государственные корпорации, являясь лидерами отрасли, играют определяющую роль в их развитии и являются драйверами роста и усиления российской экономики. ГК «Росатом», будучи примером государственной корпорации, обладает мощным инновационным потенциалом, который базируется, кроме прочих факторов, на обладании уникальными технологиями или уникальными технологическими компетенциями. В российской научной сфере вопросам инновационных стратегий уделяется значительное внимание. Вместе с тем при реализации инновационной стратегии руководство корпораций используя маркетинговые подходы ограничивается методологическими подходами оперативного маркетинга, а инструментарий стратегического маркетингового управления применяется спорадически (например, SWOT и PEST-анализ, относящиеся к стратегическому анализу) и не в рамках

Рост роли стратегического маркетинга обусловлено рядом тенденций, наблюдаемых в современной экономике: непредсказуемостью изменения рыночной среды, ускорение срока вывода на рынок инновационной продукции с одновременным сокращением ее жизненного цикла, динамическим изменением потребительских предпочтений и увеличением расходов на фундаментальные исследования. Цель, которая ставится перед стратегическим маркетингом, сводится к созданию долгосрочного конкурентного преимущества, путем создания товаров, потребительские характеристики которых будут превышать рыночные аналоги.

Основой методологического подхода разработанного А.И. Кашириным [1] и развиваемого рядом экономистов [2] является формирование инновационной стратегии, базирующейся на уникальной технологической компетенции (УТК).

Уникальная технологическая компетенция представляет собою совокупность знаний и навыков команды ученых и специалистов, позволяющих им создавать инновационные продукты и технологии, технические/потребительские характеристики которых соответствуют «критериям глобального превосходства или глобальной конкурентоспособности» [1,3,6]. В первом случае соблюдается условие превосходства над характеристиками мировых аналогов, во втором – сопоставимость с ними. Реализация концепции обладания УТК в масштабах государственной корпорации может быть реализовано через создания центров глобального технологического превосходства [3]. Специфическое отличие УТК от инновационной технологии кроется, кроме других аспектов, в принципиальной потребности в кадровом потенциале.

Несмотря на полную поддержку указанной выше идеологии инновационной деятельности существуют ряд вопросов, требующие уточнения и рассмотрения. В исследуемом вопросе недостаточно уделено внимания следующим аспектам, характеризующим течение инновационного процесса:

- 1) фактор наличия потенциала, достаточного для разработки УТК;
- 2) фактор времени, необходимого для формирования стратегического потенциала корпорации и разработки УТК;
- 3) фактор наличия сил конкуренции, на которые указывал М. Портер;
- 4) фактор динамической турбулентности рыночной среды, наиболее часто проявляющаяся в изменении потребительских предпочтений к товарам с течением времени;
- 5) ограничение использования маркетинговых подходов только оперативным маркетингом в современной интерпретации формирования и реализации инновационных стратегий.

В чем заключается проблема отсутствия стратегических подходов при реализации инновационных стратегий? При том факте, что роль маркетинга в осуществлении инновационной деятельности доказана экономистами во второй половине прошлого века в рамках гипотезы «давления рыночного спроса». Учет требования рыночной конъюнктуры и его соотношения с технологическими возможностями рассматривался при разработке дуальной модели построения инновационного процесса. Ограниченность применения маркетингового подхода в дуальной модели определяется тем, что ситуация на рынке и возможности предприятия соизмеряются на момент начала разработки инновационного продукта или технологии. Но поскольку инновационный процесс растянут во времени, ситуация на рынке может с большой вероятностью измениться.

Оценивая ситуацию с учетом исследуемых факторов относительно ГК «Росатом» можно оценить ее как положительную. Причин этому несколько:

- 1) функционирование и формирование ключевых компетенций в одной отрасли, т.е. высокий уровень специализации;
- 2) наличие контроля надо всеми этапами процессов ядерной энергетики – добыча, производство ядерного топлива, разработка и изготовления оборудования АЭС, строительство и эксплуатация АЭС;
- 3) наличие развитой инфраструктуры обеспечивающей формирование локальных потенциалов корпорации: научного, кадрового, технологического и прочих;
- 4) государственный характер корпорации обеспечивающий как финансовый потенциал, так и рыночный в мировом масштабе;
- 5) обладание УТК в области ядерной энергетики определяют востребованность на мировом рынке и влияют, в том числе и на степень санкционной политики в отношении корпорации.

Главным конкурентным преимуществом ГК «Росатом» в сфере маркетингового и рыночного потенциалов мы видим наличие сформированной внутренней и внешней маркетинговой среды.

Если исследовать ситуацию с ГК «Ростех», то в этом случае наблюдается проблематика, поскольку вышеуказанные пункты, касательно ГК «Росатом», в

значительной части не реализуются. Однако, в силу важности формирования стратегического потенциала госкорпорации необходимо дать ответ на вопрос о применении маркетингового управления в решении данной задачи.

Перейдем к вопросу обеспечения стратегии опережения государственных корпораций на рынке.

В рамках доклада указывалось на использование маркетингового подхода при осуществлении маркетинговой деятельности. Более того, в современной науке сформирована концепция инновационного маркетинга. Суть маркетингового управления направлена на обеспечение взаимодействия технологического и рыночной составляющей инновационного процесса, а главный результат маркетингового управления сводится к обеспечению успешной коммерциализации инноваций [4].

Следующим шагом, который необходимо предпринять является внедрения методологических подходов стратегического маркетингового управления, направленных на реализацию стратегии «опережения» при формировании инновационного (стратегического) потенциала госкорпорации, достаточного для создания УДК и соответственно – долгосрочного фундамента конкурентоспособности.

Реализация парадигмы опережения в стратегическом управлении осуществляется в следующих условиях и решаемых задачах: инновационный характер современной экономики, необходимостью обеспечить конкурентного преимущества, создание условий для решения предыдущей задачи, возможности создания нового рынка или формирования новой архитектуры существующего рынка [5].

Концепция маркетинга опережающего развития предполагает планирование и осуществление комплекса мер стратегического маркетингового управления, направленного на обеспечение успешной реализации процессов опережающего развития хозяйствующего субъекта (корпорации) и обеспечение его конкурентоспособности в перспективе на существующем или создаваемом рынке [5]. В отличие подхода изложенного Н. А. Шмелевым, А. С. Вагановым, Л. А. Данченко, объектом стратегического маркетингового управления выступает стратегический потенциал предприятия, поскольку только обладание им позволит обеспечить выпуск продукции по своим потребительским свойствам превосходящую продукцию конкурентов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каширин А.И. Разработка механизмов опережающего инновационного развития государственных корпораций на основе уникальных технологических компетенций: Автореферат диссертации на соискание ученой степени д. экон. н. / А.И. Каширин. – Москва: 2019. - 47с.
2. Красюк, И.А. Инструменты маркетингового управления в высокотехнологичных отраслях / И.А. Красюк, А.Ю. Брагин // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 3(140). – С. 1393-1398. – DOI 10.34925/EIP.2022.140.03.271.
3. Центры глобального технологического превосходства - механизмы опережающего инновационного развития / С.В. Чемезов, Н. А. Волобуев, Ю.Н. Коптев, А.И. Каширин // Инновации. – 2019. – № 10(252). – С. 3-19. – DOI 10.26310/2071-3010.2019.252.10.001.
4. Красюк, И.А. Маркетинговое управление: генезис развития в рамках эволюции концепций маркетинга / И.А. Красюк, Д.Г. Хухлаев // Экономика и предпринимательство. – 2022. – Т.16 - №7. – С. 952-958.
5. Красюк, И.А. Концептуальные основы маркетинга опережающего развития / И.А. Красюк, Д.Г. Хухлаев // Экономика и предпринимательство. – 2022. – Т.16 - №8 (145). – С. 704-710.
6. Попова, Т. С. Цифровая трансформация бизнеса на рынке энергетического оборудования / Т. С. Попова, Д. С. Калмыкова, П. В. Орлов // Практический маркетинг. – 2023. – № 1(307). – С. 36-40. – DOI 10.24412/2071-3762-2023-1307-36-40. – EDN NWFVME.

#### **Actualization of marketing management in the implementation of innovative strategies of state corporations (on the example of Rosatom State Corporation)**

**D.G. Khukhlaev**

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University “MEPhI”, Russia*



*e-mail: [omega356@yandex.ru](mailto:omega356@yandex.ru)*

**Abstract.** The article substantiates the need for strategic marketing management in the formation and implementation of innovative strategies based on the creation of unique technological competencies. Analyzing the positive experience of Rosatom State Corporation and the specifics of its activities, an assessment was made of the application of a modern methodological approach in the field of strategic marketing management – advanced development marketing.

**Keywords:** Strategic marketing, advanced development marketing.

УДК 338.27

## **ESG-критерии инвестиций - «зеленый свет» новым трендам устойчивого развития предприятий Росатома**

**М.В.Головко<sup>1</sup>, А.В.Анцибор<sup>2</sup>, Ж.С.Рогачева<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия*

<sup>2,3</sup>*Волгодонский инженерно-технический институт – филиал ФГАОУ ВО НИЯУ МИФИ, Россия*

<sup>1</sup>*e-mail: [golovko178@mail.ru](mailto:golovko178@mail.ru)*

<sup>2</sup>*e-mail: [AVAntsibor@mephi.ru](mailto:AVAntsibor@mephi.ru)*

<sup>3</sup>*e-mail: [ZSRogacheva@mephi.ru](mailto:ZSRogacheva@mephi.ru)*

**Актуальность.** В статье обоснована актуальность интеграции экологических, социальных критериев и критериев управления (ESG) в стратегический инвестиционный анализ. Приведены примеры интеграции критериев в стратегию устойчивого развития ГК «Росатом».

**Ключевые слова:** ESG, устойчивое развитие, Росатом, «зеленые» стандарты, проекты.

В последнее время актуализируются тренды устойчивого развития, критерии которого вовлекаются во все области деятельности экономических субъектов. Длительное глобальное развитие мировой экономики с ориентацией на максимизацию экономического эффекта закономерно привело к негативным последствиям в социальной и экологической сферах. Осознание глобальной проблемы привело к необходимости принятия соответствующих мер – в 1983 г. было утверждено понятие устойчивого развития как совокупности мер по удовлетворению текущих потребностей населения планеты без ущерба для будущих поколений, в 2015 г. на повестке ООН по устойчивому развитию определены 17 целей устойчивого развития, которые в течение десяти лет ложатся в основу стратегических национальных проектов практически всех стран мира и призваны достичь оптимального соотношения между экономическим ростом, социальной эффективностью и экологической безопасностью [1].

Для российских предприятий «зеленые тренды» пока еще не стали в полной мере стратегическим ориентиром. Научное сообщество активно обсуждает институциональные барьеры «зеленых проектов» и «зеленых инвестиций» отечественного бизнеса [2], отмечая преимущества экологизации финансовых инструментов и потребностей в габитулизации новых паттернов поведения в обществе. Ряд работ посвящены вопросам интеграции экологических, социальных критериев и критериев управления (ESG) в стратегический инвестиционный анализ, которые набирают популярность в современном инвестиционном ландшафте [3]. Критерии ESG используются для оценки устойчивости и этического воздействия инвестиций, позволяя инвесторам принимать более обоснованные решения в отношении компаний или проектов.

Причинами вовлечения в стратегии устойчивого развития можно назвать следующие. Во-первых, глобальное потепление и рост стихийных бедствий в мире. Изменения климатических условий, особенно повышение глобальных температур от ископаемых видов топлива, увеличивает вероятность стихийных бедствий, связанных с

погодой. Более высокие глобальные температуры увеличивают риск засух, а также увеличивают интенсивность штормов и вызывают более влажные муссоны (рис.1). По оценкам экспертов, 91% населения мира проживает в местах, где уровни загрязнения воздуха превышают допустимые нормы ВОЗ, 4,2 млн. смертей ежегодно происходят в результате воздействия загрязнения воздуха.

Во-вторых, требования стейкхолдеров проектов связаны с необходимостью соблюдения «зеленых» стандартов: порядка 50 % потребителей в 2021 г. были готовы заплатить больше или переплатить за продукты и услуги компаний и брендов, следующих ESG-принципам. В случае несоответствия ESG-критериям может привести к отказу от сотрудничества, особенно на международном уровне. В свою очередь, соответствие ESG-критериям способствует созданию стоимости: привлечение «устойчивых» B2B и B2C партнеров, клиентов и получение доступа к ресурсам посредством ESG-связей с общественностью и государством.



Рисунок 1 – Динамика катастроф в мире [4]

В-третьих, проекты устойчивого развития способны сформировать конкурентные преимущества компаний, например, путем привлечения «зеленого финансирования» и доступа к перспективным рынкам и клиентам. По оценкам РБК в 2019 году ESG- фонды обошли по прибыльности обычные фонды, ESG - фонды, которые придерживаются принципов ESG, привлекли 51,1 млрд долл. в 2020 [5].

В качестве достойного подражания примера можно привести опыт Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» (далее – Росатом) в направлении формирования национальной экосистемы устойчивого развития. Порядка 2-3 лет Росатом активно ведет работу в направлении устойчивого развития, хотя, как справедливо отмечает директор департамента по устойчивому развитию ГК «Росатом» - в России данный тренд начался с «некой моды, хайпа, но постепенно все обнаружили в этом достаточно большой смысл» [6]. Приведем ключевые этапы вовлечения госкорпорации в стратегию устойчивого развития.

Декларация о присоединении к Глобальному договору ООН;

- утверждение корпоративной политики устойчивого развития;
- разработка методических указаний для реализации политики для обеспечения сотрудников конкретными инструментами и инструкциями;
- прохождение процедуры рейтингования устойчивости у международного агентства Vigeo Eiris, которое входит в группу Moody's – в 2020 г. (44 балла), в 2022 г. (56 баллов);
- прохождение в 2022 г. рейтинга АКРА по устойчивому развитию – присвоена оценка ESG-3, категория ESG-B, что соответствует очень высокой оценке в области экологии, социальной ответственности и корпоративного управления [6].

Перед Росатомом стоит задача по встраиванию ESG-функционала в существующую структуру каждого дивизиона, не создавая новую функцию, а формируя вышеупомянутые паттерны как в корпоративное, так и в индивидуальное поведение. При этом Росатом активно развивает «зеленые» бизнесы, например, проект с «голубым» водородом, на базе Кольской АЭС будет проведено тестирование технологии электролиза. Активно

развивается проект ветроэнергетики – в 2022 г. был осуществлен первый «зеленый» выпуск облигаций на Московской бирже для целей ветроэнергетики, с заверением независимого верификатора по соответствию «зеленым» стандартам ICMA (Международная ассоциация рынков капитала). Спрос превысил предложение в 8 раз, что свидетельствует о наращивании потенциала проектов устойчивого развития, ориентированных как на производство, так и на городскую среду (пример влияния проектов ветроэнергетики на достижение целей устойчивого развития приведен в [1]).

Иерархия стратегических документов для Росатома в сфере устойчивого развития может быть представлена следующим образом (рис.2).



Рисунок 2 – Иерархия стратегических документов в сфере устойчивого развития (составлено авторами)

ESG-риски отрицательно влияют на эффективность деятельности предприятий. Их примерный перечень и направления преодоления представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Направления снижения ESG-рисков

Факторы ES	Риски ESG	Мероприятия по снижению рисков
Экологические факторы	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ снижение конкурентоспособности</li> <li>✓ выбросы опасных веществ в окружающую среду</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ внедрение технологий по повышению энергоэффективности предприятий</li> <li>✓ работы по ликвидации «ядерного наследия», включая реабилитацию загрязненных территорий</li> </ul>
Социальные факторы	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ рост безработицы в городах присутствия</li> <li>✓ распространение инфекционных заболеваний</li> <li>✓ миграция населения из городов присутствия</li> <li>✓ травматизм на производстве</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ развитие новых направлений бизнеса, загрузка предприятий</li> <li>✓ развитие ТЭС</li> <li>✓ создание комфортных условий для жизни в городах присутствия, социальные проекты</li> <li>✓ повышение вовлеченности персонала</li> <li>✓ развитие культуры безопасности</li> </ul>
Управленческие факторы	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ухудшение деловой репутации</li> <li>✓ нарушение долгосрочной устойчивости системы управления</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ прозрачность корпоративного управления, раскрытие информации</li> <li>✓ развитие корпоративной культуры</li> <li>✓ проведение тренингов и тестирований</li> </ul>

Интеграция критериев ESG в инвестиционный анализ является быстрорастущей тенденцией, которая переосмысливает инвестиционный ландшафт. По мере того, как инвесторы будут лучше осознавать отдачу от своих инвестиций, критерии ESG будут продолжать играть решающую роль, помогая инвесторам определять устойчивые методы

ведения бизнеса и принимать ответственные инвестиционные решения. Хотя инвестиции в ESG по-прежнему составляют небольшой процент от общего объема инвестиций в России, растущая тенденция к устойчивому инвестированию предполагает, что критерии ESG будут становиться все более актуальными при инвестиционном анализе

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головкин, М. В. Развитие ветроэнергетики в контексте целей устойчивого развития / М. В. Головкин, А. Н. Сетраков, С. А. Томилин // Глобальная ядерная безопасность. – 2022. – № 2(43). – С. 68-78. – DOI 10.26583/gns-2022-02-07.
2. Белокрылов, К. А. Устойчивые закупки в реализации идей зеленой экономики / К. А. Белокрылов // Вестник экспертного совета. – 2017. – № 4(11). – С. 3-8.
3. Литвинова, В. М. Интеграция критериев ESG в стратегический инвестиционный анализ / В. М. Литвинова, А. А. Гутенева, М. В. Головкин // Проектный и инвестиционный менеджмент в условиях новой экономической реальности : Материалы IV Национальной научно-практической конференции, Краснодар, 06 апреля 2023 года. – Краснодар: ФГБУ "Российское энергетическое агентство" Минэнерго России Краснодарский ЦНТИ- филиал ФГБУ "РЭА" Минэнерго России, 2023. – С. 318-325.
4. Institute for Economics & Peace. Ecological Threat Register 2020: Understanding Ecological Threats, Resilience and Peace, Sydney, September 2020. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://visionofhumanity.org/reports> (дата обращения 01.05.2023)
5. ESG-инвестиции захватывают мир. Что это и почему они все популярнее – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://quote.rbc.ru/news/article/60efd48d9a79477f9b55d91d?ysclid=lhzqgkqaj868058094> (дата обращения 01.05.2023)
6. Лион П. «ESG для «Росатома» — это неотъемлемая часть бизнес-повестки» – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mustread.kept.ru/interviews/esg-dlya-Rosatoma-neotyemlemaya-chast-povestki/?ysclid=lhyxrzsm52451508350> (дата обращения 01.05.2023).

#### ESG-investment criteria – «green light» for new sustainable development trends

M.V.Golovko<sup>1</sup>, A.V.Antsibor<sup>2</sup>, Zh.S.Rogacheva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kuban State Agrar University, Krasnodar, Russia

<sup>2,3</sup>Volgodonsk Engineering and Technical Institute – branch of the FSAOU in the MEFPI, Russia

<sup>1</sup>e-mail: [golovko178@mail.ru](mailto:golovko178@mail.ru)

<sup>2</sup>e-mail: [AVAntsibor@mephi.ru](mailto:AVAntsibor@mephi.ru)

<sup>3</sup>e-mail: [ZSRogacheva@mephi.ru](mailto:ZSRogacheva@mephi.ru)

**Abstract.** The article substantiates the relevance of integrating environmental, social and management criteria (ESG) into strategic investment analysis. Examples of integration of criteria into the strategy of sustainable development of Rosatom State Corporation are given.

**Keywords:** ESG, sustainable development, Rosatom, "green" standards, projects.

УДК 338.1:621.311.25: 37

#### Формирование у студентов компетенций по комплексной оценке эффективности мероприятий, обеспечивающих повышение энергоэффективности и энергосбережения на АЭС

С.П. Агапова<sup>1</sup>, И.А. Ухалина<sup>2</sup>, Н.А. Ефименко<sup>3</sup>

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

<sup>1</sup>e-mail: [sagapova@mephi.ru](mailto:sagapova@mephi.ru)

<sup>2</sup>e-mail: [iauhalina@mephi.ru](mailto:iauhalina@mephi.ru)

<sup>3</sup>e-mail: [naefimenko@mephi.ru](mailto:naefimenko@mephi.ru)

**Аннотация.** Статья посвящена актуальным вопросам формирования у студентов знаний компетенций, связанных с экономическим обоснованием проектов модернизации АЭС в статическом и динамическом аспектах, порядку отбора и оценки мероприятий по повышению энергоэффективности и энергосбережения, обеспечивающих рост конкурентоспособности и устойчивость развития современного предприятия.

**Ключевые слова:** компетенция, энергоэффективность, энергосбережение, статическая и динамическая модель.

В настоящее время очевидна приоритетность решения проблемы рационального использования энергетических ресурсов, энергосбережения и повышения энергоэффективности как ключевого фактора интенсификации производства, роста инновационности, конкурентоспособности и устойчивости развития, как в энергетическом комплексе, так и в других отраслях экономики. В соответствии с «Энергетической стратегией Российской Федерации на период до 2030 года» [1] – главной задачей предприятий топливно-энергетического комплекса является повышение эффективности использования потенциала на основе инновационных технологий.

В Федеральном законе от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ [2] даны определения понятий «энергосбережение» и «энергоэффективность». «Энергосбережение» – это реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего положительного эффекта от их использования. «Энергоэффективность» – характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов, к затратам энергоресурсов, произведенных в целях получения такого эффекта.

Задача энергосбережения, как одна из приоритетных, поставлена и перед предприятиями ГК «Росатом». В требованиях к разработке мероприятий по модернизации оборудования и систем АЭС четко обозначена целевая установка на энергосберегающий подход [3].

Современные работодатели предъявляют серьезные требования к экономическим компетенциям своих сотрудников, оценивая их потенциал по проектированию улучшений деятельности предприятия в непосредственной связи со способностью прогнозировать экономический эффект, осознавать критерии отбора проектов для их практической реализации. Это ставит перед системой профессионального образования вопрос о комплексном подходе к формированию экономического мышления, практических навыков разработки и экономического обоснования внедряемых энергосберегающих и энергоэффективных мероприятий в различных отраслях, своевременной подготовке специалистов в соответствии с требуемыми для решения производственных задач компетенциями [4].

Предлагаемый подход предполагает двухступенчатую оценку мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности:

1. *Статическая оценка* проекта модернизации объекта для решения вопроса о включении мероприятия в КДПМ (Комплексная долгосрочная программа-прогноз модернизации АЭС) – на основе прогноза изменения технических и энергетических показателей работы атомной станции дается оценка экономического эффекта реализации мероприятия для принятия решения о дальнейшей целесообразности его рассмотрения в качестве предмета будущих инвестиций. В качестве базовых показателей для отбора мероприятий используются показатели: доходность инвестиций; срок окупаемости инвестиций, каждый из которых сравнивается с нормативным значением, установленным концерном.

2. *Динамическая оценка* состоит в расчете экономической эффективности отобранных к инвестированию мероприятий с помощью динамических показателей: дисконтированный срок окупаемости инвестиций, не превышающий срок службы объекта; чистый дисконтированный доход (ЧДД), имеющий положительное значение;

внутренняя норма доходности (ВНД), превышающая ставку дисконтирования (D) принятой концерном в качестве нормативной и индекс доходности (ИД), при значении больше 1.

Учитывая многообразие мероприятий, методика оценки экономической эффективности инвестирования в проекты по энергосбережению и повышению энергоэффективности будет иметь специфику в зависимости от содержания мероприятия.

Практическое значение предлагаемого подхода состоит в его реализации в учебном процессе подготовки компетентных специалистов для атомной отрасли, способных реализовать стратегию ресурсосбережения на основе современных методик и прогрессивного опыта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ о национальных целях развития России до 2030 года // <http://kremlin.ru/events/president/news/63728>
2. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 28.12.2013) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 10.01.2014) [Электронный ресурс]. – URL : [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_157142/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_157142/) (дата обращения : 22.05.2023).
3. Румненко, М. С. LeanSmartPlant - новый уровень развития производственной системы «Росатом» / М. С. Румненко // Повышение производительности труда на транспорте - источник развития и конкурентоспособности национальной экономики : Труды V Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 26 мая 2021 года. – Москва: Гуманитарный институт федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Российский университет транспорта (МИИТ)", 2021. – С. 18-20.
4. Руденко В.А., Головкин М.В., Ухалина И.А., Агапова С.П., Анцибор А.В., Ефименко Н.А. Опыт и перспективы подготовки lean-специалистов на основе эффективного взаимодействия вуза и предприятий ГК «Росатом» // Глобальная ядерная безопасность. - 2018. - № 1 (26). - С. 119-128.

#### Formation of students' competencies for a comprehensive assessment of the effectiveness of measures to improve energy efficiency and energy saving at nuclear power plants

S.P.Agapova<sup>1</sup>, I.A.Ukhalina<sup>2</sup>, N.A.Efimenko<sup>3</sup>

<sup>1</sup>e-mail: [spagapova@mephi.ru](mailto:spagapova@mephi.ru)

<sup>2</sup>e-mail: [iukhalina@mephi.ru](mailto:iukhalina@mephi.ru)

<sup>3</sup>e-mail: [naefimenko@mephi.ru](mailto:naefimenko@mephi.ru)

**Abstract.** The article is devoted to topical issues of developing students' knowledge and competencies related to the economic justification of NPP modernization projects in static and dynamic aspects, the procedure for selecting and evaluating measures to improve energy efficiency and energy saving, ensuring the growth of competitiveness and sustainable development of a modern enterprise.

**Keywords:** competence, energy efficiency, energy saving, static and dynamic model.

УДК: 37: 338

#### Подготовка инженерных кадров в обеспечении технологического суверенитета России на примере ВИТИ НИЯУ МИФИ

С.В. Волгина<sup>1</sup>, В.Е. Довбыш<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>e-mail: [SVVolgina@mephi.ru](mailto:SVVolgina@mephi.ru)

<sup>2</sup>e-mail: [VEDovbysh@mephi.ru](mailto:VEDovbysh@mephi.ru)

**Аннотация.** В работе рассматривается вопрос подготовки инженерных кадров вузом как необходимого условия в достижении технологического суверенитета России. Определена значимость факультета повышения квалификации и переподготовки кадров, открытия инженерной школы и формирования компетенций технологического предпринимательства на площадке ВИТИ НИЯУ МИФИ в подготовке инженерных специалистов, отвечающим вызовам современной экономики.

**Ключевые слова:** подготовка кадров, технологический суверенитет, инженерная школа, технологическое предпринимательство.

Обеспечение технологического суверенитета нашей страны требует подготовки соответствующих кадров – специалистов, способных генерировать технологические новшества, развивать отечественное производство в условиях жестких экономических санкций, инициированных западными европейскими странами. Особая роль в обеспечении научно-технологического суверенитета отводится вузам, осуществляющим подготовку инженерно-технических специалистов.

В Стратегии научно-технологического развития РФ представлены главные направления решения задач по модернизации российской экономики. Это поможет перестроить экономику России на новый инновационный путь, а для этого необходимо сформировать новые требования к квалификации специалистов и, в целом, к системе подготовки кадров.

В мае 2023 года Правительство РФ утвердило «Концепцию технологического развития на период до 2030 года» [1]. В документе подчеркивается значимость подготовки высококвалифицированных специалистов для реализации целей технологического развития России. Преодоление так называемого «кадрового голода» и восстановление значимости и престижа науки может быть достигнуто за счет развития «мягких навыков и компетенций», в том числе в сфере подготовки инженерных кадров, формирования института технологического предпринимательства.

Для достижения технологического суверенитета нужно обязательно вести профессиональную подготовку кадров, повышать уровень их компетентности, знаний, навыков в соответствии с новыми вызовами. Факультет повышения квалификации и переподготовки кадров ВИТИ НИЯУ МИФИ оказывает образовательные услуги в сфере дополнительного профессионального образования для ведущих предприятий энергетического, машиностроительного, ядерного, комплексов, а также в области промышленной, экологической, пожарной безопасности и охраны труда. Для слушателей предлагаются актуальные программы повышения квалификации и переподготовки кадров, по окончании которых выдаются документы установленного образца. На Факультете разрабатываются программы по индивидуальному заказу предприятий, что способствует более эффективному взаимодействию, более эффективному обучению.

Среди предприятий-заказчиков услуг ФПК и ПК ВИТИ НИЯУ МИФИ ведущие предприятия г. Волгодонска, региона, страны, такие как: филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция», АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск, Машиностроительный дивизион ГК «Росатом – «Атомэнергомаш», «Волгодонскатомэнергоремонт» филиал АО «Атомэнергоремонт», ООО «Волгодонская АЭС-Сервис», ПАО ТКЗ «Красный котельщик», ОАО «Волгоградмаш», ООО «Саратовпромвентиляция».

Показатели количества реализуемых факультетом программ и числа слушателей ДПО (рис. 1) демонстрируют положительную динамику и определяют перспективы дальнейшего роста объема образовательных услуг по подготовке и переподготовке кадров на площадке ВИТИ НИЯУ МИФИ, с учетом запросов предприятий атомной отрасли.





Рисунок 1 – Показатели количества реализуемых программ и числа слушателей ДПО

Важным направлением в обеспечении высококвалифицированными кадрами экспортно-ориентированных секторов экономики России выступает комплекс мероприятий, определенных федеральным проектом «Передовые инженерные школы» [2]. Этот проект нацелен на то, чтобы подготавливать инженерные кадры под запросы ведущих высокотехнологичных предприятий. Он предполагает масштабное повышение квалификации действующих инженеров в высокотехнологичном бизнесе и подготовку инженеров «нового» типа. В качестве примера следует отметить открытие инженерной школы сварки в ВИТИ НИЯУ МИФИ. В рамках реализации этого начинания планируется внедрять в деятельность сектора экономики практики и стажировки для будущих инженеров, внедрять лучшие формы взаимодействия с партнерами в образовательное пространство вуза. Результатом станет разработка новых продуктов, технологий и материалов, которые появятся в ходе работы инженерной школы.

Одним из важных направлений в подготовке инженерных кадров является раскрытие предпринимательского потенциала молодежи, что позволит увеличить долю профессионалов в области технологического предпринимательства. В рамках этого организован федеральный проект «Платформа университетского технологического предпринимательства» [3]. Основная идея проекта заключается в том, чтобы к 2030 году подготовить 30 тыс. технологических предпринимателей для экономики страны. Для этого необходима массовая подготовка в области предпринимательства студентов и работников сферы высшего образования, генерация университетских технологических стартапов и разработка механизмов их успешной коммерциализации.[4]

Студенты ВИТИ НИЯУ МИФИ в период с октября по ноябрь 2023 года приняли активное участие в реализации проекта «Акселерационная программа НИЯУ МИФИ». Более 100 студентов успешно прошли обучение в формате онлайн-курса «Коммерциализация технологий», получили знания и навыки применения принципов, правил и подходов к коммерциализации технологий. Лучшие результаты были отмечены сертификатами «За знание коммерциализации технологий и инновационных инициатив». 33 участника ВИТИ получили сертификаты 1-й степени, 42 – сертификаты 2-й степени и 58 – сертификаты 3-й степени. На следующем этапе Акселерационной программы были сформированы команды по разработке стартап-проектов. Командами студентов ВИТИ НИЯУ МИФИ были представлены 6 проектов для оценки экспертами с целью их дальнейшей коммерциализации.

Таким образом, развитие инженерного образования и технологического предпринимательства, обучение студентов способам внедрения научных разработок в реальную экономику – это те шаги, без которых невозможно достижение технологического суверенитета.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция технологического развития на период до 2030 года. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://minobrnauki.gov.ru/>
2. Федеральный проект «Передовые инженерные школы». [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://engineers2030.ru/>– 15.05.2023.
3. Федеральный проект «Платформа университетского технологического предпринимательства». [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://univertechpred.ru/>– 15.05.2023.

4. Попова, Т. С. Основные тренды маркетинговых коммуникаций на рынке образовательных услуг / Т. С. Попова, С. В. Волгина, В. Е. Довбыш // Практический маркетинг. – 2022. – № 9(306). – С. 30-36. – DOI 10.24412/2071-3762-2022-9306-30-36. – EDN KMQEPY.

## **Training of engineering personnel in ensuring the technological sovereignty of Russia on the example of VITI NIYAU MEPHI**

**S.V. Volgina<sup>1</sup>, V.E. Dovbysh<sup>2</sup>**

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPHI», Russia*

<sup>1</sup>*e-mail:SVVolgina@mephi.ru*

<sup>2</sup>*e-mail:VEDovbysh@mephi.ru*

**Abstract.**The paper considers the issue of training engineering personnel by the university as a necessary condition for achieving technological sovereignty of Russia. The importance of the Faculty of advanced training and retraining of personnel, the opening of an engineering school and the formation of competencies of technological entrepreneurship at the site of VITI NIYAU MEPHI in the training of engineering specialists who meet the challenges of the modern economy is determined.

**Keywords:** personnel training, technological sovereignty, engineering school, technological entrepreneurship.

УДК 621.039.58

## **Гарантии в системе безопасности ядерных объектов**

**Е.И. Шурпо**

*Научное учреждение «ОИЭЯИ-Сосны», Минск, Беларусь*

*e-mail: [lakki-95@bk.ru](mailto:lakki-95@bk.ru)*

**Аннотация.** В работе описывается применение гарантий в отношении ядерных установок и материала, которые позволяют независимо проверять выполнение правовых обязательств государств в сфере использования ядерной энергии. Упоминаются обязательства Беларуси по соглашению о гарантиях и ответственность МЧС и Госатомнадзора за выполнение данных обязательств.

**Ключевые слова:** учет и контроль, МАГАТЭ, ядерный материал, соглашение о гарантиях.

Гарантии – это комплекс технических мер, которые МАГАТЭ применяет в отношении ядерных установок и материала. На основе этих технических мер МАГАТЭ стремится независимо проверить соблюдение правового обязательства государства, состоящего в том, что ядерные установки не используются не по назначению, а ядерный материал не переключается с использования в мирных целях. Государства соглашаются с применением этих мер путем заключения соглашений о гарантиях.

Как страна – участница ДНЯО, не обладающая ядерным потенциалом, Беларусь, согласно части 1 статьи II Договора, обязалась заключить соглашение о всеобъемлющих гарантиях с МАГАТЭ исключительно с целью проверки выполнения принятых обязательств по Договору. Процедуры гарантий осуществляются в отношении исходного или специального расщепляющегося материала независимо от того, производится ли он, обрабатывается или используется в любой основной ядерной установке или находится за ее пределами. В соответствии с INFCIRC/153 при вступлении соглашения о гарантиях в силу Беларусь принимает обязательство заявить МАГАТЭ обо всем имеющемся у нее ЯМ и установках, подлежащих гарантиям, а также постоянно обновлять эту информацию.

Соглашение между Республикой Беларусь и Международным агентством по атомной энергии о применении гарантий в связи с Договором о нераспространении ядерного оружия от 14 апреля 1995 года (далее – соглашение о гарантиях) вступило в силу

31 августа того же года. Одновременно с ним были приняты согласованные государством дополнительные положения, в которых рассматриваются технические и административные процедуры с целью детализации порядка применения соглашения о гарантиях.

Согласно Указу Президента Республики Беларусь от 14 ноября 2022 года № 405 государственным органом, ответственным за выполнение обязательств по соглашению о гарантиях, является Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (МЧС). В рамках выполнения соглашения также создана Государственная система учета и контроля ядерного материала (ГСУК).

Согласно Положению о Департаменте по ядерной и радиационной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь данный орган (далее – Госатомнадзор):

- обеспечивает выполнение международных обязательств Республики Беларусь в области ядерной и радиационной безопасности;
- обеспечивает ведение единой государственной системы учета и контроля источников ионизирующего излучения, а также функционирование ГСУК;
- проводит проверку (оценку) знаний по вопросам ядерной и радиационной безопасности;
- устанавливает требования к составу и содержанию документов по обеспечению ядерной и радиационной безопасности при осуществлении деятельности в области использования атомной энергии и источников ионизирующего излучения;
- участвует в выдаче МЧС специальных разрешений (лицензий) на право осуществления указанной деятельности.

В частности, в рамках соглашения о гарантиях Госатомнадзор обеспечивает:

- сопровождение ежемесячных инспекций ЯМ и установок Республики Беларусь (табл. 1) уполномоченными представителями МАГАТЭ;
- регулярное направление в Департамент гарантий МАГАТЭ отчетов об изменениях инвентарного количества ЯМ, списков его фактического количества, материально-балансовых отчетов.

Таблица 1 – Ядерные установки в Республике Беларусь

1	Белорусская АЭС	Энергоблок № 1 Белорусской АЭС – эксплуатируется; Энергоблок № 2 Белорусской АЭС – сооружается (находится на этапе ввода в эксплуатацию)
2	Хранилище необлученного ядерного материала «Явор»	Эксплуатируется
3	Пункт хранения ОЯТ	Выведен из эксплуатации в 2018 году (ЯТ передано в Российскую Федерацию в 2010 году)
4	Пункт хранения ядерных материалов	Эксплуатируется 1 очередь, сооружается 2 очередь
5	Подкритический стенд «Ялина»	Эксплуатируется (режим длительного останова)
6	Критический стенд «Гиацинт»	Эксплуатируется
7	Критический стенд «Кристалл»	Эксплуатируется (режим длительного останова)

В Республике Беларусь создана регулирующая инфраструктура ядерной и радиационной безопасности, соответствующая требованиям и рекомендациям МАГАТЭ. Эта система подлежит постоянному совершенствованию с учетом рекомендаций оценочных миссий и партнерских проверок, новых документов Агентства, обобщающих опыт стран-участниц, а также с учетом собственного опыта. Четко следуя принципам международного согласования и сотрудничества, Беларусь ратифицировала все основные конвенции и соглашения в области ядерной и радиационной безопасности, физической ядерной безопасности и гарантий. В стране создана государственная система учета и контроля ядерного материала, на законодательном уровне определен орган государственного управления, обеспечивающий ее функционирование и ответственный за своевременное предоставление в МАГАТЭ обязательной информации в части учета и

контроля ядерного материала. Соблюдение Беларусью обязательств по гарантиям подтверждается регулярно проводимыми инспекциями Агентства в рамках соглашения о применении гарантий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устав МАГАТЭ по состоянию на 28 декабря 1989 года [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901851822>. – Дата доступа: 13.01.2023.
2. Договор о нераспространении ядерного оружия [Электронный ресурс]: одобрен резолюцией 2373 (XXII) Генер. Ассамблеи 12.06.1968 г. – Нью-Йорк, 1968. – Режим доступа: [https://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/npt.shtml](https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/npt.shtml). – Дата доступа: 27.01.2023.
3. О Министерстве по чрезвычайным ситуациям: Указ Президента Респ. Беларусь, 14 нояб. 2022 г., № 405 / Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: [https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=P322004\\_05&p1=1](https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=P322004_05&p1=1). – Дата доступа: 07.02.2023.
4. Национальный доклад Республики Беларусь «О выполнении конвенции о ядерной безопасности» [Электронный ресурс]. – Минск, 2022. – Режим доступа: <https://gosatomnadzor.mchs.gov.by/upload/iblock/ce3/cnsbelarus-national-report-2022-ru.pdf>. – Дата доступа: 07.02.2023.

### Guarantees in the safety of nuclear energy facilities

E.I. Shurpo

*Scientific Institution "JINPR-Sosny", Minsk, Belarus  
e-mail: lakki-95@bk.ru*

**Abstract.** The paper describes the application of safeguards in relation to nuclear installations and material, which allow for independent verification of the fulfillment of States' legal obligations in the field of nuclear energy use. Belarus' obligations under the safeguards agreement and the responsibility of the Ministry of Emergency Situations and Gosatomnadzor for fulfilling these obligations are mentioned.

**Keywords:** accounting and control, IAEA, nuclear material, safeguards agreement.

УДК 101.1: 316.7: 378

### К вопросу о духовной безопасности как проекте формирования культуры безопасности будущего специалиста атомной отрасли

Е.Л. Локонова<sup>1</sup>, А.В. Железнякова<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>e-mail: ELLokonova@mephi.ru

<sup>2</sup>e-mail: AVZheleznyakova@mephi.ru

**Аннотация.** Вопросы, которые освещают проблематику духовной безопасности современного общества являются актуальными и важными. Ведь именно личностно-профессиональное становление будущего специалиста атомной отрасли, напрямую связано с духовно-нравственными ценностями как одного из элементов системы, формирующей, как раз основу современного общества. Духовно-нравственные установки и ценности направляют практико-ориентированную деятельность человека по линии профессионального самоопределения. В данном исследовании на основе анализа результатов социологического опроса студентов Волгодонского инженерно-технического института – филиала Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» представлены особенности формирования духовной безопасности, учитывающиеся в дальнейшем в рамках реализации модели оптимизации процесса профессионального роста студентов, а также в целом принципов всестороннего развития личности. Основной вывод исследования – при проектировании воспитательного процесса необходимо учитывать особенности индивидуального пространства студентов, которое включает в себя как раз социальные и духовные потребности каждого молодого человека.

**Ключевые слова:** проектирование воспитательного процесса, социальные и духовные потребности, духовная безопасность, национальная безопасность, социокультурная особенность, духовно-нравственное становление, профессиональное самоопределение, личностное развитие, социальное самочувствие, образовательное пространство.

Россия, пережившая кризис 1990-х гг. XX века в настоящее время уверенно заявляет о себе и своих позициях на просторах международной арены. Однако, многие мировые процессы глобализации, происходящие сегодня в мировом пространстве представляют собой угрозу для всего российского общества. Это касается, прежде всего, национальных вопросов единства российского общества в целом [1].

В Стратегии национальной безопасности Российской Федерации дано определение национальной безопасности как основы любого вида безопасности, в том числе и духовной, а именно «Национальная безопасность – состояние защищенности личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз, которое позволяет обеспечить конституционные права, свободы, достойное качество и уровень жизни граждан, суверенитет, территориальную целостность и устойчивое развитие российской Федерации, оборону и безопасность государства» [2].

Следует отметить, что современными реальными угрозами духовной безопасности выступают такие показатели как разобщенность общества в духовном плане, социокультурный кризис социальных ценностей и духовной культуры в целом, наблюдающийся в современном мировом пространстве [3]. Вопросы, поднимающие актуальность проблемы обеспечения духовной безопасности в обществе представляют собой индикатор для определения жизнеспособности социума, его духовного и социального потенциала в целом [4; 5].

Одним из требований к образовательным организациям, осуществляющим подготовку специалистов для атомной отрасли, является умение формировать у студентов качественных изменений ценностного отношения к будущей профессиональной деятельности [6].

В Волгодонском инженерно-техническом институте – филиале Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (далее ВИТИ НИЯУ МИФИ) проведено социологическое исследование методом анкетного опроса. Исследование направлено на выявление потребностей студентов ВИТИ НИЯУ МИФИ в рамках формирования духовной безопасности и определение тенденции развития качественного профессионала атомной отрасли. Ведь для работы в атомной отрасли требуются специалисты не только обладающие высоким уровнем профессиональных знаний, но и, прежде всего, умеющие работать в жестком соответствии с требованиями стандартов, правил, инструкций, а также обладающие сознанием личной ответственности за последствия возможных ошибок [7].

Прежде всего, было отмечено изменение гендерного соотношения в студенческой среде: доля девушек повысилась с 44,9% в 2019 г. до 47,6% в 2023 г. Среди представителей студенчества преобладают молодые люди, чьи родители имеют высшее образование. Процент обучающихся в институте из числа городского населения выше, чем процент студентов из сельской местности: 69,3% - из города, а жителей сельской местности – всего 38,7%. Наблюдается стабильный рост основного мотива профессиональной ориентации студентов – востребованность профессии – с 56,0% в 2019 г. до 61% в 2023 г. Второе место в мотивационной иерархии занимает удовлетворение собственных интересов, развитие способностей и самосовершенствование (38,2%). На третьей позиции – престиж профессии (с 31,9% в 2019 г до 37% в 2023 г.). Уменьшился показатель высокооплачиваемости будущей профессии, с 18,2% в 2019 г. до 17,2% в 2023 г. Мнение родителей при выборе профессии оказалось решающим только для 20,8% респондентов. Как правило – это студенты, обучающиеся на контрактной основе и со слабой академической успеваемостью.

Абсолютное большинство респондентов (87,3%) позитивно оценивают избранную специальность. Собственный профессиональный выбор не повторили бы 5,2% опрошенных. Результаты исследования показали отсутствие склонности студентов к разочарованию в получаемой специальности. Недовольство институтом и выбранным направлением подготовки отмечается у студентов экономического профиля. Согласно результатам исследования 46,8% студентов оценили свое социальное самочувствие как оптимистическое, а 39,2% как «спокойное, но без особых надежд и иллюзий». К сожалению, увеличился процент студентов с негативным социальным самочувствием (11,1% «с тревогой и неуверенностью», и 3,6 % «со страхом и отчаянием»). 72,3% студентов считают, что успешная профессиональная карьера не зависит от «лучшей учебы» в институте и в целом наблюдается увеличение количества студентов, которые считают, что «институт должен давать знания по профессии, а остальное – мировоззрение, образ жизни, стиль поведения – личное дело каждого, никому до этого дела нет».

Далее, студенты показали, что «не знают, что такое духовная безопасность» – 65%, а 33,8% респондентов связали духовную безопасность с религией в целом. Для 30,3% опрошенных понятие духовной безопасности является интегральным – совокупность патриотизма, политики и религии. Духовную безопасность с политической сферой соотносят 16,2% студентов. Скорее всего, это связано в большей степени с нестабильной обстановкой в мировом сообществе, а с патриотизмом лишь 6% опрошенных. Это является показателем идеологической основы опрашиваемых респондентов и понимается как патриотическое воспитание. Интересен ответ 16,4% респондентов, которые предложили связать определение духовной безопасности с такими понятиями как семья, нравственность, мораль.

Далее, 59% респондентов ответили отрицательно на вопрос «Считаете ли вы себя духовно защищенным?». На вопрос выделить, «что же в большей степени угрожает вашей духовной безопасности» 54% считают, что их духовной безопасности угрожает «сеть Интернет». Основными причинами такого выбора респонденты назвали следующие факторы – это негативное, даже агрессивное поведение пользователей сети Интернет, факторы психологического давления, различные манипуляции личностями, многочисленная фейковая и непроверенная информация и т.д. Часть респондентов (20%) считают угрозой общество в целом.

В заключении хотелось бы отметить, что результаты проведенного позволяют утверждать, что социально-образовательное пространство ВИТИ НИЯУ МИФИ выстроено в целом рационально и конструктивно. При проектировании воспитательного процесса в ВИТИ НИЯУ МИФИ необходимо учитывать особенности индивидуального пространства студентов, которое включает в себя как раз социальные и духовные потребности каждого молодого человека. В качестве предложения – активно использовать возможности социально-гуманитарного блока дисциплин с целью формирования духовно-нравственного развития студентов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Локонова Е.Л., Железнякова А.В., Давлетшина А.Ф. Понятия «Противодействие идеологии терроризма» и «Информационное противодействие терроризму» в сознании студентов ВИТИ НИЯУ МИФИ// Образование и проблемы развития общества. – 2023. - №1(22). – С.146-152.
2. О стратегии национальной безопасности Российской Федерации. Указ Президента Российской Федерации от 02.07.2021 г. № 400 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/47046> (дата обращения 29.04.2023).
3. Беспаленко П. Н. Духовная безопасность современной России и поиски общенациональной идеологии // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. 2009. №7 (62). С.215-224
4. Рыбаков С.Ю. Проблемы обеспечения духовной безопасности в системе образования России: монография/С.Ю. Рыбаков. Ряз.гос.ун-т им.С.А. Есенина. – Рязань, 2011.– 304 с.

5. Самыгин С.И., Верещагина А.В. Духовная безопасность России как основа российской государственности //Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки/ Выпуск № 1 – 2011.
6. Томилин С.А., Василенко Н.П., Железнякова А.В., Василенко И.С. Корпоративные ценности как основа формирования профессионального самоопределения студентов при подготовке специалистов для атомной отрасли // Педагогика и просвещение. 2017. № 1. С. 31 - 41. [Электронный ресурс]. URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=22076](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=22076) (дата обращения 24.02.2023).
7. Локонова Е.Л., Конорева Е.И. Психолого-педагогические аспекты воспитания современного специалиста атомной отрасли в вузе: от абитуриента до выпускника// Гуманитарные и социальные науки. - 2014. - № 2. - С. 751-754.

### **On the issue of spiritual security as a project for the formation of a safety culture of a future nuclear industry Specialist**

**E.L. Lokonova<sup>1</sup>, A.V. Zheleznyakova<sup>2</sup>**

*Volgodonsk Engineering Technical Institute – branch of NRNU MEPhI, Volgodonsk, Russia*

<sup>1</sup>*e-mail: ELLokonova@mephi.ru*

<sup>2</sup>*e-mail: AVZheleznyakova@mephi.ru*

**Abstract.** The issues that illuminate the problems of spiritual security of modern society are relevant and important. After all, it is the personal and professional development of a future nuclear industry specialist that is directly related to spiritual and moral values as one of the elements of the system that forms the basis of modern society. Spiritual and moral attitudes and values guide a person's practice-oriented activity along the line of professional self-determination. In this study, based on the analysis of the results of a sociological survey of students of the Volgodonsk Engineering and Technical Institute - a branch of the National Research Nuclear University "MEPhI", the features of the formation of spiritual security are presented, which are taken into account in the future as part of the implementation of the optimization model of the process of professional growth of students, as well as the principles of comprehensive personal development in general. The main conclusion of the study is that when designing the educational process, it is necessary to take into account the peculiarities of the individual space of students, which includes just the social and spiritual needs of each young person.

**Keywords:** educational process design, social and spiritual needs, spiritual security, national security, socio-cultural peculiarity, spiritual and moral formation, professional self-determination, personal development, social well-being, educational space.

УДК 327:621.039.58

### **Современный европейский политический фундаментализм как угроза безопасности эксплуатации объектов атомной отрасли**

**Н.И. Лобковская<sup>1</sup>, А.Н. Недорубов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Московский инновационный университет, Москва, Россия*

<sup>2</sup>*Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

<sup>1</sup>*e-mail: nadezhda-lobkovskaya@yandex.ru*

<sup>2</sup>*e-mail: batrakan@rambler.ru*

**Аннотация.** В работе представлены реальные и потенциальные угрозы безопасности стратегически важных объектов атомной отрасли России в связи с усилением позиций политического фундаментализма в управляющих элитах европейских стран и, как следствие, террористическими атаками украинских националистов.

**Ключевые слова:** безопасность объектов атомной отрасли, европейский политический фундаментализм, специальная военная операция, террористические атаки.

В связи с артикуляцией Россией собственных национальных интересов и активизацией в их отстаивании обострились противоречия в отношениях с большей



частью политических элит стран Западного мира, в первую очередь – Европы. Последняя все чаще демонстрирует не свойственные для себя современной проявления политического фундаментализма как намерение отстаивать собственные традиционные ценности любыми средствами.

Началом оформления европейского политического фундаментализма можно считать события восьмилетней давности в Украине. В результате антиконституционного переворота 2014 г. в Украине Крым легитимно вошел в состав Российской Федерации, а территории Донбасса не приняли преступную власть, чем спровоцировали агрессию со стороны националистических группировок. Россия способствовала заключению компромиссных Минских соглашений, нацеленных на дипломатическое разрешение военного обострения, но их игнорирование<sup>1</sup>[1] и повышение градуса агрессии украинских националистов повлекли за собой признание Российской Федерацией независимости Донецкой и Луганской народных республик и объявление Президентом РФ В.В. Путиным о начале специальной военной операции по защите мирных жителей на этих территориях.

Со стороны Европейских стран последовали санкции, пропаганда русофобии, манипуляция общественным мнением, непринятие права России на защиту своих национальных интересов, поддержка и военная помощь Украине в борьбе с Россией любыми решениями и средствами. Под угрозой оказались не только гражданские и промышленные объекты новых российских территорий – Донецкой и Луганской народных республик, Херсонской и Запорожской областей (приняты в состав РФ 30 сентября 2022 г.), но и старых приграничных субъектов – Краснодарского края, Крыма, Севастополя, а также Белгородской, Брянской, Курской, Ростовской, Воронежской областей.

В четырех перечисленных субъектах расположены стратегические объекты атомной отрасли – Курская АЭС, Нововоронежская АЭС, Ростовская АЭС, Запорожская АЭС. Системы безопасности на станциях базируются на технологии самозащиты реакторов и четырех барьерах, (рис. 1):

- 1) предотвращающая выход продуктов деления под оболочку тепловыделяющего элемента топливная матрица;
- 2) не дающая продуктам деления попасть в теплоноситель главного циркуляционного контура оболочка тепловыделяющего элемента;
- 3) препятствующий выходу продуктов деления под защитную герметичную оболочку главный циркуляционный контур;
- 4) исключаящая выход продуктов деления в окружающую среду система защитных герметичных оболочек – контайнмент – для задержки возможной радиоактивности при авариях и чрезвычайных ситуациях.

Более того, оболочка рассчитана не только на внешнее воздействие – взрыв и ударная волна с давлением 30 кПа, падение самолета массой 5 тонн, смерч, ураган, но и выдерживает внутреннее давление в 5 кг/см<sup>2</sup> – если вся поданная в реактор вода превратится в пар и будет давить на оболочку изнутри, то контайнмент выдержит и это.[2]

---

<sup>1</sup> Экс-канцлер ФРГ Ангела Меркель дала интервью газете DieZeit, в котором сообщила, что целью Минских соглашений, гарантом исполнения которых была в том числе и Германия, являлась возможность дать Украине время подготовиться к конфликту: «Минское соглашение 2014 года было попыткой дать Украине время. Украина использовала это время, чтобы стать сильнее, что можно видеть сегодня. Украина 2014–2015 годов – это не сегодняшняя Украина. Как показали бои за Дебальцево в начале 2015 года, Путин мог бы легко его тогда захватить. И я очень сомневаюсь, что страны НАТО могли бы тогда сделать столько же, сколько они делают сейчас, чтобы помочь Украине».



Рисунок 1- Системы безопасности российских АЭС (Росатом) [2]

Однако обеспечиваемый Росатомом высокий уровень культуры технической и технологической безопасности эксплуатации АЭС не означает допустимости со стороны украинских властей провокаций, о которых лидеры европейских государств не только знают, но и оправдывают. Так, не последовало их реакции на террористические атаки вооруженных сил Украины на Запорожскую АЭС. В августе 2022 г. украинские диверсанты трижды совершали террористические акты в районе Курской АЭС в г. Курчатове: взрывами повреждены шесть опор высоковольтных линий электропередачи, снабжающих электроэнергией промышленные объекты и население Курской и соседних областей. И снова нет должной оценки со стороны руководителей стран Европы. В апреле 2023 г. украинский беспилотник – с молчаливого согласия европейских лидеров – пытался нанести удар по Курской АЭС, атаку удалось отразить силами ПВО России.

Европейский фундаментализм стал поддержкой националистической идеологии Украины и вдохновляет адептов нацистских батальонов. Именно в Западной Украине слабы постулаты традиционных религий, но широкое распространение получили идеи и практик языческих культов. Такие идеологи отвергают или искажают традиционные ценности и идеалы, а отношение к религиозным противникам становится нетерпимым. Об этом говорят факт подготовки бойцов и командиров украинских националистических батальонов в натовских лагерях задолго до событий 2014 года. Помимо бешеной русофобии и военно-тактических знаний украинским нацистам прививались античеловеческие и антиправославные принципы существования. Вооруженные такими убеждениями бойцы способны совершать бесчеловечные теракты. И объектом атаки террористов может стать не только реактор, но и отработанное топливо, которое зачастую хранят на территории АЭС или около них.

Современные европейские элиты демонстрируют лояльность к украинским террористическим атакам на стратегические объекты России, готовность к таким агрессивным способам продвижения собственного понимания «правильного» мироустройства. Поэтому современный европейский политический фундаментализм становится потенциальной угрозой развития стратегически важных направлений мирового хозяйства, в том числе – сложной и наукоемкой атомной отрасли.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меркель А. Надо было быстрее реагировать на агрессивность России : интервью. – Газета ZEIT ONLINE, Тина Хильдебрандт, Джованни ди Лоренцо. – URL: <https://www.zeit.de/2022/51/angela-merkel-russland-fluechtlingskrise-bundeskanzler> (дата обращения: 20.05.2023).
2. Безопасность российских АЭС. – Росатом. – URL: <https://www.rosatom.ru/about-nuclear-industry/safety-russian-npp/>

3. Украина попыталась атаковать дроном Курскую АЭС. – РИА Новости. – URL: <https://ria.ru/amp/20230427/aes-1868183099.html>
4. «Росэнергоатом» сообщил о состоянии Курской АЭС после попыток атаки беспилотников ВСУ. – ГАЗЕТА.RU. – URL: <https://www.google.com/amp/s/m.gazeta.ru/amp/social/news/2023/04/27/20312047.shtml>

## **Modern European Political Fundamentalism as a threat to the safety of the operation of nuclear facilities**

**N.I. Lobkovskaya<sup>1</sup>, A.N. Nedorubo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Moscow Innovation University, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI», Volgodonsk, Rostov region, Russia*

**Abstract.** The paper presents real and potential threats to the security of strategically important facilities of the Russian nuclear industry in connection with the strengthening of the positions of political fundamentalism in the governing elites of European countries and, as a result, terrorist attacks by Ukrainian nationalists.

**Keywords:** safety of nuclear industry facilities, European political fundamentalism, special military operation, nationalism, terrorist attacks.

УДК 330.322

## **Особенности инвестиционной политики машиностроительного предприятия (на примере Филиала АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск)**

**Т.С.Попова<sup>1</sup>, А.А. Попов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

<sup>2</sup>*Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» г. Волгодонск, Россия*

<sup>1</sup>*e-mail: tanya930@rambler.ru*

<sup>2</sup>*e-mail: popov\_aa@atom mash.ru*

**Аннотация.** Не секрет, что достижения в области машиностроения являются одним из важных факторов и показателей научно-технического развития государства. Быстроразвивающийся современный рынок показывает высокий уровень конкуренции, поэтому предприятие может прогрессировать только благодаря наличию и созданию конкурентных преимуществ. Их создание происходит посредством реализации стратегий развития предприятия на основе продуманной инвестиционной политики.

**Ключевые слова:** инвестиционная политика, машиностроение, инвестиционные проекты, Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск

Значимость инвестиционной политики, которую проводят машиностроительные предприятия, с каждым годом все более возрастает. Сейчас, в условиях технологического суверенитета, принципиально важно создать такие условия для устойчивого роста машиностроительных предприятий, чтобы устранить отставание в инвестиционном развитии. Эта мера могла бы поспособствовать укреплению отрасли.

Эффективность деятельности машиностроительного предприятия напрямую зависит от того, насколько эффективен инвестиционный потенциал. При грамотном осуществлении инвестиционной деятельности можно добиться сразу нескольких видов эффективности, которые представлены на рисунке 1.

*Коммерческая* - предполагает, что реализация инвестиционного проекта может привести к улучшению качества продукции или увеличению объема производства, а также снизить себестоимость продукции.

*Бюджетная* - затрагивает отчисления во внебюджетные фонды, уплату налогов в бюджеты различных уровней, направлена на снижение себестоимости продукции, увеличение чистой прибыли

*Общественная* - предполагает повышение оплаты труда, создание новых рабочих мест. Несмотря на то, что при создании дополнительных рабочих мест себестоимость продукции увеличится, это компенсируется повышением производительности труда.

*Экологическая* - особо актуальна для промышленных предприятий, так как направлена на снижение выбросов, тем самым на снижение штрафов. Важнейшим направлением экологической эффективности является использование высокотехнологичного оборудования, соответствующего экостандартам.

Рисунок 1 – Виды эффективности о реализации инвестиционных мероприятий[1]

Рассмотрим особенности инвестиционной политики машиностроительного предприятия на примере Филиала АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск. Завод расположен в г. Волгодонск Ростовской области, был построен и введен в эксплуатацию в 1978 году с целью комплексного производства и выпуска оборудования для атомных электростанций. Приказом Генерального директора № 245/16/ВФ от 30.12.2016 года на заводе был создан Отдел по техническому перевооружению (ОпТП), который является структурным подразделением Филиала и подчиняется директору по операционной деятельности, в соответствии с организационной структурой Филиала. Целью создания отдела является своевременное формирование и эффективная реализация плана инвестиционно-технического развития Филиала.

Основными задачами, стоящими перед отделом по техническому перевооружению, являются:

- обеспечение Филиала нестандартным и стандартным оборудованием, а также работами по модернизации оборудования, зданий и сооружений в соответствии с планом-графиком инвестиционно-технического развития и установленными требованиями к качеству;
- организация работы по формированию, утверждению и выполнению плана инвестиционно-технического развития Филиала;
- подготовка закупочной документации, формирование и актуализация базы данных по потенциальным поставщикам оборудования/работ;
- мониторинг рынка поставщиков оборудования, работ, услуг;
- организация заключения договоров поставки/выполнения работ/оказания услуг по итогам проведения закупочных процедур;
- администрирование договоров;
- взаимодействие с поставщиками по выполнению условий договоров;
- управление обработкой и архивированием документации;
- обновление текущих баз данных в части выполнения работ отделом по техническому перевооружению и предоставление отчетной документации смежным подразделениям в соответствии с утвержденной схемой взаимодействия.[2]

В соответствии с поставленными задачами отдел по техническому перевооружению выполняет следующие функции и обязанности:

- формирование и утверждение плана инвестиционно-технического развития Филиала;
- контроль выполнения согласованных и утвержденных плана инвестиционно-технического развития предприятия и план графиков выполнения мероприятий ПИТР в установленные сроки;
- составление, согласование приказов о монтаже, пуско-наладке и запуску в эксплуатацию поступающего оборудования;

– участие в формировании годового плана закупок (ГПЗ) в соответствии с выданными в работу техническими заданиями;

– направление информации в отдел планирования дирекции по закупкам по факту формирования закупочной документации для актуализации ГПЗ.

Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск в смету годовых расходов на инвестиционные мероприятия закладывает значительные финансовые ресурсы. Так, в частности, в план инвестиционных мероприятий на 1 полугодие 2023 года включены следующие инвестиционные проекты на общую сумму более 450 млн. руб.:

– освоение производства продукции для АЭС и нефтегазохимии;

– модернизация службы качества филиала АО «АЭМ-технологии»;

– создание мощностей Атоммаша под дорожную карту поставки оборудования для строящихся АЭС

– реконструкция стенового ограждения Здания корпуса №1 Филиала АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск;

– поддержание инфраструктуры Филиала АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск;

– оснащение оборудованием вспомогательных служб Филиала АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск;

– модернизация термических мощностей Филиала АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск;

– обеспечение выполнения требований охраны труда, промсанитарии, промышленной и пожарной безопасности Филиала АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск;

– обеспечение выполнения требований физической защиты периметра Филиала АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск;

– поддержание производственных мощностей филиала АО «АЭМ-технологии» Атоммаш.[3]

Такое разнообразие объектов приложения инвестиционных усилий свидетельствует о том, что флагман энергетического машиностроения Атоммаш в городе Волгодонск уделяет значительное внимание совершенствованию производственной и социальной инфраструктуры предприятия. Величина средств, затрачиваемых на вложения в модернизацию производственных мощностей завода, поистине внушительна, и зачастую фактические инвестиционные вложения Филиала даже превышают запланированные показатели предприятия. Так, к примеру, в 2022 году план инвестиционных затрат был превышен на 9,5 млн. руб., что свидетельствует о том, что руководством завода уделяется должное внимание инвестиционной политике и соответствует основным положениям Проектов технологического суверенитета и структурной адаптации экономики РФ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мартыненко, О. В. Конкурентоспособность как источник и фактор эффективности импортозамещения на промышленных рынках / О. В. Мартыненко // Практический маркетинг. – 2020. – № 2(276). – С. 3-13. – DOI 10.24411/2071-3762-2020-10007. – EDN RXVXLX
2. Филиппович, П. А. Инвестиционный проект по оптимизации производства изделия фланец в условиях Филиала АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в Г. Волгодонск // Региональное развитие: экономика и социум. Взгляд молодых исследователей : Материалы симпозиума в рамках XVII (XLIX) Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Образование, наука, инновации – вклад молодых исследователей», Кемерово, 19–30 апреля 2022 года. Том Выпуск 23. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2022. – С. 369-370
3. Попова, Т. С. Цифровая трансформация бизнеса на рынке энергетического оборудования // Практический маркетинг. – 2023. – № 1(307). – С. 36-40.

**Features of the investment policy of a machine-building enterprise  
(on the example of Atommash Branch of AEM-Technologies JSC in Volgodonsk)**

**T.S. Popova<sup>1</sup>, A.A. Popov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Volgodonsk Engineering and Technical Institute - Branch of National Research Nuclear University "MEPhI",  
Volgodonsk, Rostov Region, Russia*

<sup>2</sup>*Atommash branch of AEM-technologies JSC, Volgodonsk, Rostov region, Russia.*

<sup>1</sup>*e-mail: tanya930@rambler.ru*

<sup>2</sup>*e-mail: popov\_aa@atommash.ru*

**Abstract.** It is no secret that achievements in the field of mechanical engineering are one of the important factors and indicators of scientific and technological development of the state. The rapidly developing modern market shows a high level of competition, so the enterprise can progress only due to the presence and creation of competitive advantages. Their creation occurs by means of realization of strategies of development of the enterprise on the basis of thought-out investment policy.

**Keywords:** investment policy, machine building, investment projects, Atommash Branch of AEM-Technologies JSC in Volgodonsk city.

---

---

## СЕКЦИЯ

---

---

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ И РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

УДК 621.791.72: 621.791.75

### **Гибридная лазерно-дуговая сварка толстостенных кольцевых швов: технология выполнения замыкающих участков**

**С.Э. Гоок<sup>1</sup>, О. Устюндаг<sup>1,2</sup>, А.В. Гуменюк<sup>2</sup>, М. Ретмайер<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Общество Фраунгофера, Институт производственных систем и технологий конструирования ИПК,  
Берлин, Германия*

<sup>2</sup>*Федеральное ведомство по исследованию и испытаниям материалов БАМ, Берлин, Германия*

**Аннотация.** В работе рассматривается проблема образования дефектов в замыкающих участках кольцевых сварных швов, выполненных гибридной лазерно-дуговой сваркой (ГЛДС). Опробованы различные стратегии управления параметрами ГЛДС для предотвращения образования дефектов, таких как трещины, поры и усадочные раковины. Показано, что расфокусировка лазерного луча в конце процесса сварки способствует образованию формы проплавления, устойчивой к образованию вышеуказанных дефектов.

**Ключевые слова:** гибридная лазерно-дуговая сварка, кольцевой шов, сварка труб, кратер, усадочная раковина

Процесс гибридной лазерно-дуговой сварки (ГЛДС) представляет собой комбинацию сварки лазерным лучом и автоматической сварки в среде защитных газов в одной зоне взаимодействия и предлагает множество преимуществ, таких как высокая скорость сварки, большая глубина проплавления и, следовательно, уменьшение количества слоев, тепловой нагрузки и деформации, вызванной нагревом, по сравнению с традиционными процессами дуговой сварки [1-2]. Эффективность этого гибридного сварочного процесса уже признана в промышленной практике. Например, данный метод сварки успешно применяется в судостроительной промышленности и в краностроении с начала 2000-х годов [3]. Согласно текущему состоянию развития, была продемонстрирована применимость технологий ГЛДС для однопроходной стыковой сварки для толщины стенок до 25 мм [4-6] используя твердотельный лазер с выходной мощностью до 20 кВт.

С технологической точки зрения, эффективность процессов ГЛДС может быть показана в основном для выполнения продольных швов, когда проблемные начальные и конечные участки сварного шва могут быть вынесены за пределы сварочного изделия или дефекты в этих областях не имеют решающего значения для качества сварного шва. Тем не менее, ГЛДС ограничена для других приложений, таких как кольцевые швы, из-за специфических особенностей процесса и технологических ограничений. Кольцевые швы можно встретить, например, при строительстве ветряных турбин, устройств для нефтяных, газовых и химических отраслей, различных валов и осей, или они необходимы для соединения стыков труб при их монтаже.

Выполнение замкнутых кольцевых швов труб с использованием технологии ГЛДС представляет собой сложную задачу из-за высокого риска образования дефектной зоны нахлеста при замыкании шва. Неблагоприятный режим окончания процесса сварки, такой как резкое отключение энергии лазера или скачкообразное изменение мощности лазера и сварочной дуги, приводит к образованию усадочного кратера и кристаллизационных трещин в толще материала при сварке толстостенных кольцевых швов. Другими типичными дефектами замыкающего участка кольцевого шва при ГЛДС, известными из сварочной практики, являются подрезы со стороны корня, которые значительно снижают усталостную прочность шва. Типичные дефекты концевых участков швов при ГЛДС, обнаруженные с помощью рентгенографического анализа, показаны на рисунке 1.



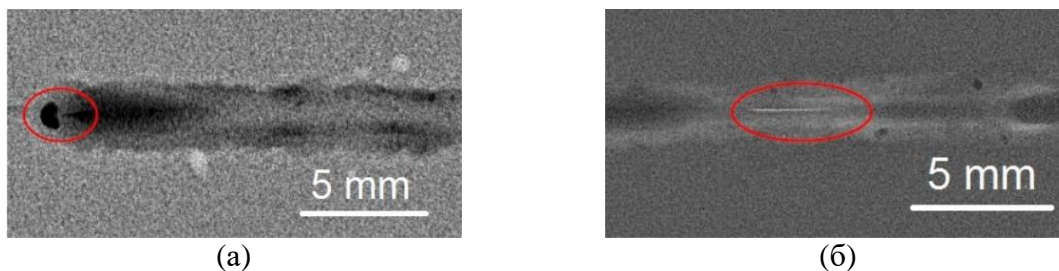


Рисунок 1 – Рентгенографические изображения концевых участков швов при ГЛДС: (а) усадочная раковина при отключении лазера; (б) кристаллизационная трещина при понижении мощности лазера

В данной работе была проведена серия экспериментов ГЛДС для более глубокого понимания образования дефектной зоны нахлеста при замыкании кольцевого сварного шва. Сварочные испытания проводились с помощью Yb:YAG дискового лазера TruDisk 16002 с максимальной выходной мощностью 16 кВт. Лазерное излучение передавалось по оптическому волокну с диаметром сердечника 200 мкм. В качестве источника питания дуги применялся микропроцессорный сварочный автомат Qineo Pulse 600 с максимальным сварочным током 600 А. Сварочная головка ГЛДС представляла собой систему, состоящую из лазерной оптики и горелки, закрепленной под углом 25 градусов по отношению к оси лазерного луча. В качестве лазерной оптики использовалась оптика с системой фокусирующих и коллимирующих линз с электроприводом. Эта система позволяет изменять положение фокуса в диапазоне от 0 мм до 40 мм вдоль оси лазерного луча. С помощью этой опции можно было расфокусировать лазерный луч, так что диаметр фокусного пятна на поверхности обрабатываемой детали, мог быть увеличен с 500 мкм (0,5 мм) до 2900 мкм (2,9 мм).

С практической точки зрения, наиболее важной целью использования оптики с моторизованной системой фокусирующих и коллимирующих линз была возможность расфокусировки лазерного луча без изменения положения горелки относительно поверхности образца. В этом случае процесс ГЛДС можно было проводить без каких-либо помех. В качестве образцов для сварки использовались отрезки труб, которые поворачивались с помощью манипулятора, при этом положение руки робота со сварочной головкой оставалось неизменным. Экспериментальная установка показана на рисунке 2.

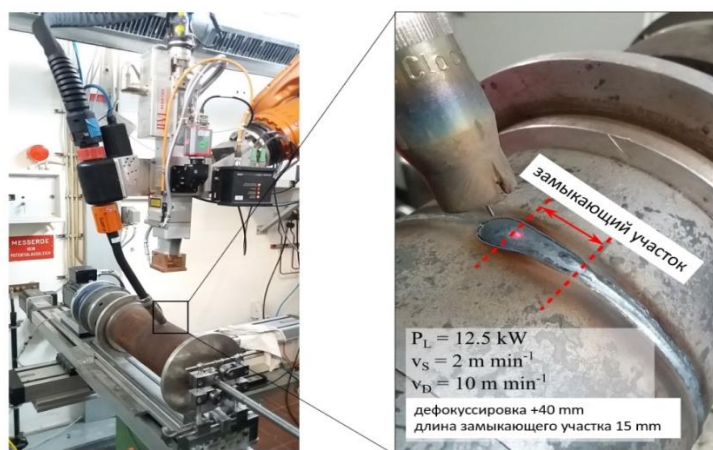


Рисунок 2 – Экспериментальная установка для гибридной лазерно-дуговой сварки сегментов труб толщиной 10 мм.

Были протестированы различные стратегии управления процессом сварки, включая изменение уровня расфокусировки лазерного луча и длины зоны нахлеста. Техника расфокусирования лазерного луча была определена как эффективный метод формирования зоны нахлеста без образования дефектного участка шва. Было показано, что при расфокусировке лазерного луча сварочная энергия может быть отведена от зоны сварки таким образом, что характер проплавления меняется от полного к частичному. На

рисунке 3 показан внешний вид замыкающего участка кольцевого сварного шва, а также макрошлифы, характерные для различных уровней расфокусировки.

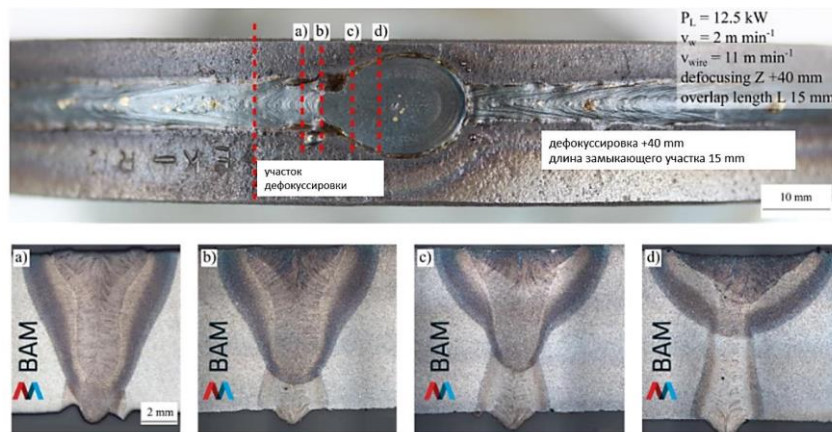


Рисунок 3 – Внешний вид замыкающего участка кольцевого шва и макрошлифы, характерные для различных уровней расфокусировки лазерного луча. ГЛДС на трубах из стали API 5L X100Q с толщиной стенки 10 мм, мощность лазера  $P_L = 12,5$  кВт, скорость подачи проволоки  $v_{wire} = 11$  м мин<sup>-1</sup> и скорость сварки  $v_w = 2,0$  м мин<sup>-1</sup>

Проведенные исследования показали, что расфокусировка лазерного луча на величину +40 мм относительно поверхности образца с результирующим диаметром луча > 2,9 мм в сочетании с длиной нахлеста 15 мм была достаточной для обеспечения формирования "чашеобразного" профиля проплавления, не склонного к образованию трещин и пор внутри шва. Кроме того, программа заполнения кратера, встроенная в источник питания дуги, обеспечила устранение усадочной раковины на поверхности сварного шва.

Результаты, представленные в данном исследовании, относятся к ГЛДС на кольцевых сварных швах высокопрочной трубопроводной стали API 5L марки X100Q с толщиной стенки 10 мм.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цибульский, И. А., Кузнецов, М. В., & Сомонов, В. В. (2010). Технология лазерно-дуговой сварки металлов больших толщин. Сборник 6-й международной конференции «Лучевые технологии и применение лазеров», Россия, Санкт-Петербург (pp. 344-348).
2. Ках, П., Салминен, А., & Мартикаинен, Д. (2010). Особенности применения гибридной лазерно-дуговой сварки (Обзор). Автоматическая сварка.
3. Цибульский, И. А., Туричин, Г. А., Земляков, Е. В., Валдайцева, Е. А., Кузнецов, М. В., & Сомонов, В. В. (2012). Разработка технологии гибридной лазерно-дуговой сварки сталей для судостроения и строительства трубопроводов. Россия, Санкт-Петербург, 18-21.
4. Rethmeier, M., Gook, S., Lammers, M., & Gumenyuk, A. (2009). Laser-hybrid welding of thick plates up to 32 mm using a 20 kW fibre laser. Quarterly journal of the Japan welding society, 27(2), 74s-79s.
5. Wahba, M., Mizutani, M., & Katayama, S. (2016). Single pass hybrid laser-arc welding of 25 mm thick square groove butt joints. Materials & Design, 97, 1-6.
6. Farrokhi, F., Larsen, R. M., & Kristiansen, M. (2017). Single-pass hybrid laser welding of 25 mm thick steel. Physics Procedia, 89, 49-57.

#### Hybrid laser-arc welding of thick-walled circumferential welds: technology for performing the overlaps

Sergej Gook<sup>1</sup>, Ömer Üstündağ<sup>1,2</sup>, Andrey Gumenyuk<sup>1,2</sup> and Michael Rethmeier<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Fraunhofer Institute for Production Systems and Design Technology, Pascalstr. Berlin, Germany

<sup>2</sup>Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, Germany

**Abstract.** This paper deals with the problem of defect formation in the overlap area of circumferential welds made by hybrid laser-arc welding (HLAW). Various strategies for controlling HLAW parameters to prevent defects in the circumferential weld, such as cracks, pores and shrinkage cavities, were tested. It was shown

that defocusing the laser beam at the end of the welding process allows the formation of a penetration shape that is resistant to the occurrence of the mentioned defects.

**Keywords:** hybrid laser-arc welding; circumferential welds; pipe welding; end crater; high-power welding; thick-walled steel

**Funding.** This IGF-project Nr.: 19.565N / DVS-Nr.: 06.104 by the Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. (DVS), Aachener Str. 172, 40223 Düsseldorf, has been funded by the AiF within the program for sponsorship by Industrial Joint Research (IGF) of the German Federal Ministry of Economic Affairs and Energy based on an enactment of the German Parliament.

УДК 621.9: 621.039.5

## Совершенствование технологии обработки изготавливаемых из аустенитных нержавеющей сталей ответственных деталей внутрикорпусных устройств водо-водяных энергетических реакторов

И.Ю. Простотин<sup>1</sup>, А.А. Моисеенко<sup>2</sup>, С.А. Томилин<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Волгодонский инженерно-технический институт – филиал НИЯУ МИФИ, г. Волгодонск, Россия

<sup>2</sup>Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск, г. Волгодонск, Россия

<sup>1</sup>e-mail: [i.prostotini@yandex.ru](mailto:i.prostotini@yandex.ru)

<sup>2</sup>e-mail: [moiseenko\\_aa@atom mash.ru](mailto:moiseenko_aa@atom mash.ru)

<sup>3</sup>e-mail: [SATomilin@mephi.ru](mailto:SATomilin@mephi.ru)

**Аннотация.** В работе предложены инновационные подходы к решению проблемы повышения обрабатываемости нержавеющей сталей, из которых изготавливаются ответственные изделия атомного энергетического машиностроения, за счет перераспределения тепловых потоков в зоне резания.

**Ключевые слова:** деталь внутрикорпусных изделий, нержавеющая сталь, система охлаждения, режущий инструмент, схема резания, технологический процесс, средство технологического оснащения.

Аустенитные нержавеющие стали, широко применяемые в атомном машиностроении, характеризуются неудовлетворительной обрабатываемостью резанием в результате наличия определенных физико-механических свойств. В частности, при фрезеровании узких пазов в трубах опорных стаканов, служащих для установки тепловыделяющих сборок реакторов типа ВВЭР, изготавливаемых из стали 08X18H10T, из-за плохой обрабатываемости стали образуются большие заусенцы, связанные с интенсивным износом фрезы и наклепом (упрочнением) металла детали, происходит заклинивание фрезы в пазе, так как он имеет меньшую тепловую деформацию по сравнению с деформацией самой фрезы. В известной фундаментальной работе [1] отмечается, что повысить обрабатываемость металла резанием можно, если в зоне резания снизить температуру инструмента при одновременном сохранении или повышении температуры детали.

Снизить негативные последствия, возникающие при фрезеровании узких пазов можно обеспечить, регулированием температуры резания детали и инструмента.

Применяемое в настоящее время в Филиале АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» фрезерование пазов при встречной подаче повышает величину наклепанной застойной зоны (площадки контакта по задней поверхности инструмента), что в значительной мере увеличивает температуру инструмента. Одновременно охлаждение зоны резания методом свободного полива смазочно-охлаждающей жидкостью (СОЖ) в большей мере охлаждает деталь, чем инструмент. Таким образом, существующая технология не снижает негативные последствия, а усиливает их.

С целью повышения обрабатываемости стали 08X18H10T предлагается снизить количество тепла, поступающего в инструмент при фрезеровании, и одновременно

интенсифицировать охлаждение инструмента снизив охлаждение детали. Снижение количества тепла, поступающего в инструмент, обеспечивается при отказе от встречного фрезерования и переходе на фрезерование с попутной подачей по сложной траектории, в результате чего уменьшаются величина наклепа и площадь застойной зоны. Интенсификация охлаждения фрезы обеспечивается подачей непосредственно на рабочую часть ее (через специальные каналы) не жидкости (СОЖ), а застывших частиц жидкости (иней). Для получения застывших частиц СОЖ предлагается охлаждать суспензию воздухом из вихревых трубок, в которых используется эффект Ранка-Хилша. Охлажденная до  $-20^{\circ}\text{C}$ ... $-30^{\circ}\text{C}$  суспензия, проходя по каналам, охлаждает все тело фрезы, поступает на нагретые режущие зубья и интенсивно поглощает тепло рабочей части инструмента в результате двух фазовых переходов из твердого в жидкое, а из жидкого в газообразное состояние.

Для предложенной технологии спроектированы элементы системы, обеспечивающие охлаждение фрезы по новой схеме, и программа станка с ЧПУ для фрезерования с попутной подачей.

Реализация предложенной инновационной технологии снижает износ (расход) металлорежущего инструмента, трудоемкость изготовления деталей и повышает их качество.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров А.Д. Оптимизация процессов резания. – М.: Машиностроение, 1976, - 278с.

### **Improving the technology of processing critical parts made of austenitic stainless steels, internals of pressurized water power reactors**

**I.U. Prostotin<sup>1</sup>, A.A. Moiseenko<sup>2</sup>, S.A. Tomilin<sup>3</sup>**

*Volgodonsk Engineering and Technology Institute, National Research Nuclear University MEPHI, Russia  
AEM Technologies Atommash, Volgodonsk, Russia*

*<sup>1</sup>e-mail: i.prostotini@yandex.ru; <sup>2</sup>e-mail: moiseenko\_aa@atommash.ru; <sup>3</sup>e-mail: SATomilin@mephi.ru*

**Abstract.** The paper proposes innovative approaches to solving the problem of increasing the machinability of stainless steels, from which critical products of nuclear power engineering are made, due to the redistribution of heat flows in the cutting zone.

**Keywords:** detail of internal products, stainless steel, cooling system, cutting tool, cutting scheme, technological process, technological equipment.

УДК621.791.753.5: 534.87

### **Мониторинг сварки под флюсом с помощью звукового сигнала**

**Н.Н.Подрезов<sup>1</sup>, В.А. Винныйчук<sup>2</sup>, Ю.В. Доронин<sup>3</sup>**

*<sup>1,2</sup>Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Россия*

*<sup>3</sup>Аттестационный центр городского хозяйства, г. Москва*

*<sup>1,2</sup>e-mail: [VITikafMPM@mephi.ru](mailto:VITikafMPM@mephi.ru)*

*<sup>3</sup>e-mail: [ac-mosgaz@yandex.ru](mailto:ac-mosgaz@yandex.ru) [acgh@naks.ru](mailto:acgh@naks.ru)*

**Аннотация.** Специфика SAW заключается в отсутствии видимости сварочной дуги под слоем флюса, что резко ограничивает информативность процесса. В работе исследовали возможность мониторинга зоны сварки PulseSAW при наплавке валиков на пластину из конструкционной стали толщиной 16 мм проволокой диаметром 4 мм, выполняли синхронную запись аудиосигнала в дополнение к



традиционным параметрам - ток и напряжение. При анализе сварочных аудиogramм установлено значительное повышение информативности PulseSAW, как нестационарного дугового процесса.

**Ключевые слова:** аудиосигнал, Pulse SA, импульс токовый, частотный диапазон.

Pulse SAW – процесс прямоугольными токовыми импульсами отличается высокой степенью нестационарности, но имеет ряд очевидных преимуществ по сравнению с АСФ на постоянном и переменном токе. Потому крайне важно получать и анализировать информацию по быстродействующим физическим процессам, протекающим в дуге.

В работе исследовали устойчивость сварочного контура Pulse SAW - процесса при наплавке валиков на пластину из конструкционной стали сварочной проволокой Св09ХГНМТАА – ВИ диаметром Ø 4мм в сочетании с керамическим флюсом ФЦК-16. Для осциллографирования параметров режима сварки и первичного аудиосигнала применяли информационно - измерительную систему SignalExpress 2014 на базе NI9229. Обработку первичных осциллограмм проводили в прикладном пакете NI Diadem 2018 (учебная версия), звуковых сигналов – в пакете Sound Forge. При записи первичного звукового сигнала использовалась система микрофонная СМ-1, состоящая из капсуля микрофонного конденсаторного МК-265 с предусилителем микрофонным ПМ-207, источником питания ИПМ-1. Частотный диапазон системы – 1,6...20000 Гц, динамический диапазон измеряемого звукового давления относительно  $2 \times 10^{-5}$  Па составляет 20...144 дБ, чувствительность капсуля – 50 мВ/Па.

Типичная запись совмещенных аудио- и токового сигнала показана на Рис.1. Для синхронизации осциллограмм по времени токовый сигнал обрабатывался в медианном фильтре, что позволило избежать временного смещения сигнала, характерного для ПР низкочастотного фильтра Баттерворта второго и выше порядков. Частотный спектр аудиосигнала исследовали с помощью полосового фильтра в следующих частотных диапазонах: инфразвуковой (до 20 Гц), звуковой слышимый от 20 до 12500 Гц. В слышимом интервале выделяли низко-, средне- и высокочастотные шумы по спектральному составу. Как показано на Рис.1, наблюдается четкая корреляция между токовым и звуковым сигналами. Частотные составляющие аудиосигнала располагаются в интервале от 8 до 12 кГц, что соответствует протеканию физических процессов с инерционностью  $10^{-3} \dots 10^{-4}$  с, то есть в столбе дуги, катодных и анодных пятнах.

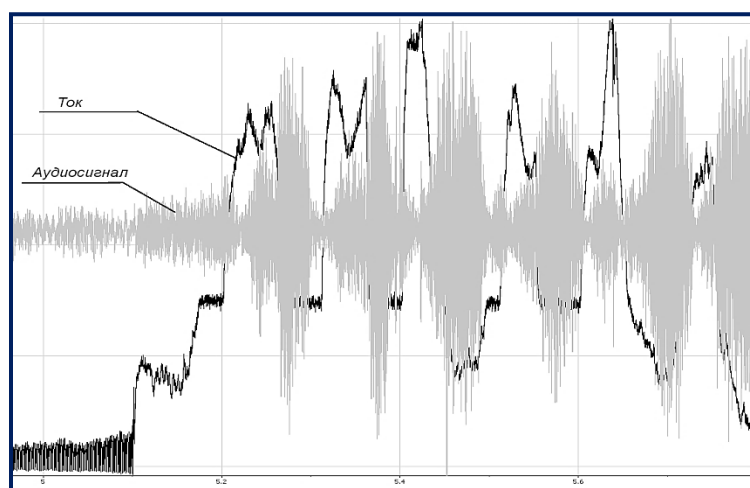


Рисунок 1 – Синхронные совмещенные аудиосигнал и осциллограмма сварочного модулированного тока, средний ток 550А, размах 250 А

Отсутствие внятных математических преобразований (Фурье, вейвлет-анализ) сигналов для нестационарных, нелинейных сварочных контуров лишь подчеркивает важность дополнительных физических каналов извлечения информации, особенно для PulseSAW, для улучшения качества регулирования процесса.

Показана необходимость использования дополнительного информационного звукового канала для SAW - процесса для более точного управления динамикой сварки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. M. Cudina and J. Prezelj, "Evaluation of the sound signal based on the welding current in the gas metal arc welding process," Proc. Inst. Mech. Eng. 217, 483–494 (2003).
2. N. Lv, Y. L. Xu, J. Y. Zhong, H. B. Chen, J. F. Wang, and S. B. Chen, "Research on detection of welding penetration state during robotic GTAW process based on audible arc sound," Ind. Rob. 40(5), 474–493 (2013).
3. Y. Arata, Investigation of welding arc sound, Report 1 – Effect of welding method and welding condition on welding arc sound, Reports Japan Welding Research Institute, 1979.

### Submerged arc welding monitoring with audible signal

N.N. Podrezov<sup>1</sup>, V.A. Vinnichuk<sup>2</sup>, Yu.V. Doronin<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI", Russia

<sup>3</sup>Certification Moscow Center of municipal services, Moscow, Russia

<sup>1</sup>e-mail: [i.prostotini@yandex.ru](mailto:i.prostotini@yandex.ru)

<sup>2</sup>e-mail: [moiseenko\\_aa@atommash.ru](mailto:moiseenko_aa@atommash.ru)

<sup>3</sup>e-mail: [SATomilin@mephi.ru](mailto:SATomilin@mephi.ru)

**Abstract.** The specificity of SAW is the lack of visibility of the welding arc under the flux layer, which drastically limits the information content of the process. In this work, we investigated the possibility of monitoring the Pulse SAW welding zone when welding beads on a structural steel plate 16 mm thick with a wire 4 mm in diameter, performed synchronous recording of an audio signal in addition to the traditional parameters - current and voltage. When analyzing welding audiograms, a significant increase in the information content of Pulse SAW as a non-stationary arc process was established.

**Keywords:** audio signal, Pulse SA, current pulse, frequency range.

УДК 620.179.1: 621.311.25

### Представление результатов электрического контроля методом электрофизической хроматографии

А.С. Щербань<sup>1</sup>, В.И. Сурин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» г. Волгодонск, Россия

<sup>2</sup>НИЯУ МИФИ, г. Москва, Россия

<sup>1</sup>e-mail: [shcherban\\_as@atommash.ru](mailto:shcherban_as@atommash.ru)

<sup>2</sup>e-mail: [VISurin@mephi.ru](mailto:VISurin@mephi.ru)

**Аннотация.** В работе рассматривается проблема распространения неразрушающего контроля методом электрической контактной потенциометрии на изделия направления АЭС. Отсутствие регламентирующей документации в РФ и тенденции к гармонизации отечественной и международной нормативной документации могут привести к тому, что метод сканирующей контактной потенциометрии станет обязательным методом контроля качества при производстве и эксплуатации оборудования АЭС. В ходе исследований были проведены испытания средств контроля СКП в заводских и лабораторных условиях в Филиале АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» г. Волгодонск.

**Ключевые слова:** сканирующая контактная потенциометрия, электрофизические методы контроля, контроль качества оборудования АЭС, электрофизическая хроматография.

В современных условиях к корпусному оборудованию ядерных энергетических установок для российских и зарубежных АЭС предъявляются особые требования к

надежности, которые определяют постоянную необходимость совершенствования системы управления качеством продукции на машиностроительных предприятиях ГК «Росатом». В настоящее время в нашей стране нормативная и методическая документация не предусматривает проведение контроля методом сканирующей контактной потенциометрии изделий, входящих в контур оборудования АЭС. В документах МАГАТЭ, нормами безопасности IAEA Safety Standards Series № Ns-G-2/6 предусмотрен электроконтактный метод неразрушающего контроля. На текущий момент существует устойчивая тенденция к гармонизации отечественной нормативной документации и международной в том числе и к требованиям МАГАТЭ, в области атомной энергетики, на основании которой метод сканирующей контактной потенциометрии может стать обязательным к применению при производстве и эксплуатации оборудования АЭС наравне с другими объемными методами неразрушающего контроля – ультразвуковой дефектоскопией и радиографией.

На основании вышеизложенного проведены совместные научные исследования метода сканирующей контактной потенциометрии (СКП) специалистами НИЯУ МИФИ, ВИТИ НИЯУ МИФИ и Филиала АО «АЭМ-технологии «Атоммаш» г. Волгодонск в лабораторных и заводских условиях, и получен необходимый объем экспериментальных результатов, подтверждающих высокую эффективность и надежность разработанного метода неразрушающего контроля (НК).

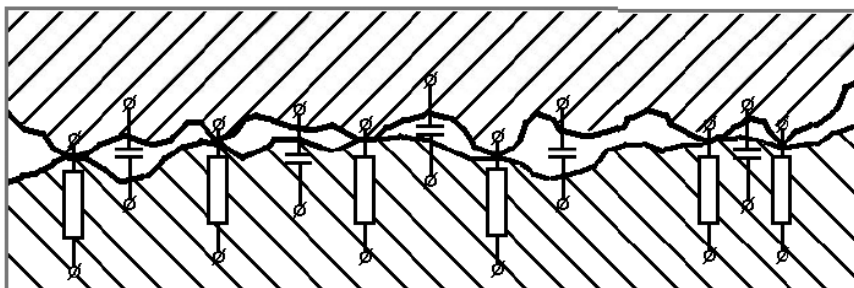


Рисунок 1 – Появление электрических цепей между поверхностями двух металлов из-за микроконтактов.

Метод СКП относится к методам пассивной электромагнитной дефектоскопии. Волны механических напряжений, излучаемые структурными неоднородностями, которые находятся в объеме образца, достигают поверхности раздела и приводят к изменению состояний поверхностных электронов, а также к изменению числа пятен контакта и реальной площади контакта между поверхностью образца и преобразователя (рис.1).

В результате этого происходит изменение работы выхода и, как следствие, разности контактных потенциалов Вольта. Акт формирования неоднородной поверхностной деформации вызывает скачок амплитуды электрического сигнала из-за изменений локальной работы выхода и электрической проводимости контактирующих поверхностей. Чем больше число и площадь пятен контакта между двумя металлическими поверхностями, тем выше вероятность преодоления электронами поверхностного дипольного барьера и тем выше будет амплитуда образующегося сигнала контроля.

Результаты электрического неразрушающего контроля могут быть представлены не только поверхностными потенциограммами, но и объемными изображениями в цвете, полученными методом электрофизической хроматографии. СКП позволяет получать объемные изображения внутренних структурных неоднородностей в металлах с помощью функции распределения потенциалов на поверхности. Координаты неоднородностей, их размеры и форма определяются с помощью поверхностных потенциограмм, построенных механическим сканированием поверхности в двух взаимно перпендикулярных направлениях, а затем перестраиваются в объемные изображения (рис.2).



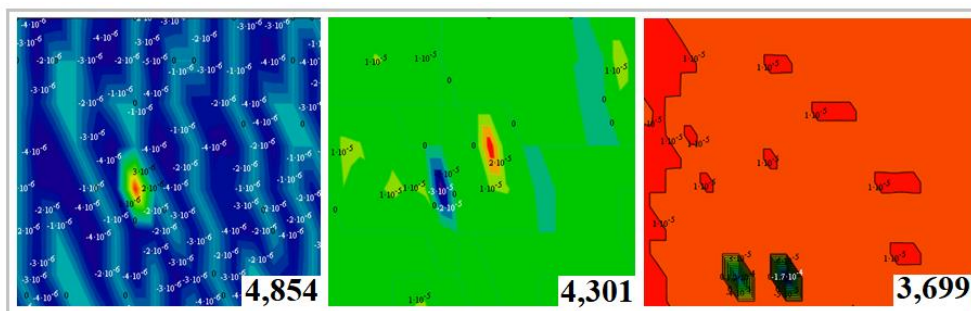


Рисунок 2 – Фрагменты поверхностных потенциограмм с рефlekсами от следующих дефектов (слева направо): зародыш микроскопической трещины; сингулярность в сварном соединении; шлаковое скопление в сварном соединении

Метод представления результатов СКП с помощью электрофизической хроматографии позволяет представлять поверхностные и внутренние объемные дефекты в металлах с высоким пространственным разрешением. В ходе исследований были проведены эксперименты на различных объектах контроля с объемным отображением дефектов в представлении поверхностных потенциалов на разных уровнях фиксации. Сформулированы и реализованы методические рекомендации для построения объемных изображений дефектов. Локализация дефектов в объеме объекта контроля осуществляется по результатам следующих измерений, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Типы измерений, с помощью которых осуществляется локализация дефектов

№	Тип измерения
1.	Двойное сканирование поверхностей объекта контроля
2.	Двойное одновременное сканирование поверхностей объекта контроля
3.	Двойное одновременное сканирование поверхностей объекта контроля с применением синхронизатора излучений по времени и/или по частоте

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обоснование применимости метода сканирующей контактной потенциометрии для контроля оборудования АЭС при его изготовлении/ В.И. Сурин, А.С. Щербань, А.А. Щербаков [и др.] // Глобальная ядерная безопасность. – 2023. - № 1 (46). – С.37-54.
2. Алвахеба А. И., Сурин В.И., Бекетов В.Г., Иванов О.В., Иванова Т.Е. Сравнительный анализ результатов радиографического и электрофизического неразрушающего контроля сварных соединений модельных образцов// Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM–2018). Труды 18-й международной молодежной конференции –М.: ИПУ РАН. 2018. 400 с.
3. Электрофизический неразрушающий контроль сварных швов парогенератора ПГВ 1000 в Ресурсном центре НИЯУ МИФИ на площадке АЭМ-технологии Атоммаш в г. Волгодонске/ В.Г. Бекетов, А.Е. Дембицкий, В.В. Кондаков, В.И. Сурин, З.С. Волкова, А.А. Абу Газал, А.И. Алвахеба и др.// Отчет о НИОКТР, НИЯУ МИФИ, 2017, регистрационный номер АААА-А19-119032190046-8, 118 с.
4. Сурин В.И., Польский В.И., Осинцев А.В., Джумаев П.С. Применение метода сканирующей контактной потенциометрии для регистрации образования зародышевой трещины в сталях/ Дефектоскопия, №1, 2019, С. 53-60.
5. Сурин В.И., Евстюхин Н.А. Электрофизические методы неразрушающего контроля и исследования реакторных материалов – М., МИФИ. 2008.

### Representation of the results of electrical non-destructive testing by the method of electrophysical chromatography

A.S. Shcherban<sup>1</sup>, V.I. Surin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Branch of JSC “AEM-technology” “Atomash” in Volgograd, Russia

<sup>2</sup>National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Russia

<sup>1</sup>e-mail: [shcherban\\_as@atomash.ru](mailto:shcherban_as@atomash.ru)

<sup>2</sup>e-mail: [VISurin@mephi.ru](mailto:VISurin@mephi.ru)

**Abstract.** The paper considers the problem of extending non-destructive testing by the method of electrical contact potentiometry to the NPP equipment. Absence of regulatory documentation in the Russian Federation and the modern trend of harmonization of national and foreign standards may lead to the fact that the method of scanning contact potentiometry will become an obligatory method for quality control in the manufacture and during the operation of NPP equipment. In the course of the research, test of the SCP tools was carried out in the factory and laboratory conditions at the Branch of JSC AEM-Technologies Atommash, Volgodonsk.

**Keywords:** scanning electrical contact potentiometry, electrophysical methods of testing, quality control of NPP equipment, electrophysical chromatography.

УДК 620.179.1: 621.039.5

## Практическое применение передовых технологий УЗК при изготовлении корпусного оборудования ЯЭУ

В.С. Гуро<sup>1</sup>, А.В. Павличенко<sup>2</sup>

Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» г. Волгодонск, Россия

<sup>1</sup>e-mail: [guro\\_vs@atommash.ru](mailto:guro_vs@atommash.ru)

<sup>2</sup>e-mail: [pavlichenko\\_avh@atommash.ru](mailto:pavlichenko_avh@atommash.ru)

**Аннотация.** В работе рассматривается проблема преодоления ограничений традиционных методов неразрушающего контроля путем применения механизированного и автоматизированного контроля передовыми методами ультразвуковой дефектоскопии PAUT, TFM/FMC, TOFD для сварных соединений корпусного оборудования ядерных энергетических установок при их производстве на заводе-изготовителе. В ходе исследований проведены экспериментальные испытания на предмет применимости передовых методов для контроля качества св. швов корпуса парогенератора серии ПГВ-1000 и корпуса реактора ВВЭР-1200.

**Ключевые слова:** автоматизированный неразрушающий контроль, механизированный неразрушающий контроль, PAUT, TFM/FMC, TOFD, парогенератор ПГВ-1000, реактор ВВЭР-1200.

На сегодняшний день в отечественной атомной энергетике существует проблема преодоления ограничений традиционных методов дефектоскопии широко распространенных в данной отрасли и повышения эффективности неразрушающего контроля в целом.

В нашем исследовании проведены испытания передовых методов ультразвуковой дефектоскопии PAUT, TFM/FMC, TOFD на сварных соединениях корпусного оборудования ядерных энергетических установок при их производстве в ВФ «АЭМ-технологии». Все они применимы для контроля качества оборудования АЭС, но, как выяснилось, и они имеют свои особенности и ограничения использования. Св. соединения парогенератора ПГВ-1000М, пригодные для замены традиционных методов показаны на рисунке 1.

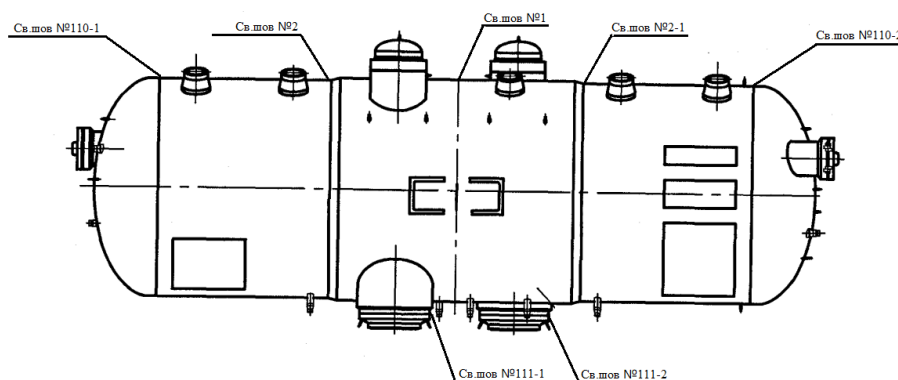


Рисунок 1 – Сварные соединения ПГВ-1000М, пригодные для замены на передовые методы АУЗК

Исследования проводились в рамках внедрения методов TOFD и PAUT в производственный процесс в Филиале АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш». После включения мероприятия в план инвестиций проводилась проработка технологий и аппаратных возможностей данных технологий, в первую очередь была предусмотрена проверка применимости оборудования на конкретных изделиях АЭС путем приглашения сторонних компаний для демонстрационных испытаний на производственную площадку предприятия. В составе исследований также были проведены демонстрационные и приемо-сдаточные испытания оборудования, приобретенного ВФ «АЭМ-технологии» в рамках программы по перевооружению филиала.

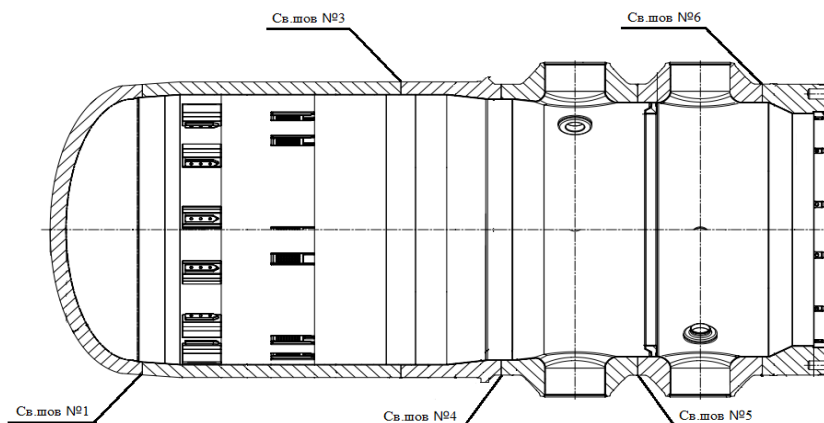


Рисунок 2 – Сварные соединения ВВЭР-1200, пригодные для замены на передовые методы АУЗК

Основными объектами контроля, пригодными для замены традиционных методов дефектоскопии в Филиале АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш», являются кольцевые сварные соединения корпусов ПГВ из высоколегированной стали 10ГН2МФА в диапазоне толщин от 72,5мм до 160мм и корпусов реакторов – из высококачественной конструкционной высоколегированной стали 15Х2НМФА с толщинами от 197,5мм до 285мм.

В процессе исследований был выявлен ряд преимуществ у методов PAUT, TOFD, TFM/FMC, которые могут повысить эффективность НК в сфере изготовления оборудования ЯЭУ:

- мобильность (комплект оборудования может переноситься вручную или перемещаться с использованием тележки);
- широкие возможности механизации и автоматизации процесса проведения контроля;
- универсальность (может выступать как самостоятельный контроль, либо заменять традиционные объемные методы дефектоскопии);
- исключение «человеческого фактора» при поиске дефектов: ведется запись результатов контроля, которые могут быть просмотрены на компьютере в любое время;
- повторяемость и воспроизводимость результатов контроля на разных стадиях изготовления оборудования АЭС;
- меньшая трудоемкость и время проведения контроля в сравнении с традиционными методами.
- используют новый способ визуализации и оценки качества контролируемых объектов.

При этом ключевые ограничения, которые должны быть преодолены, относятся прежде всего к традиционным объемным методам контроля, а именно радиографии и ручному ультразвуковому контролю.

Недостатки традиционных методов контроля приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные ограничения традиционных методов дефектоскопии

Наименование метода	Основные недостатки
Радиографический	Дороговизна оборудования, расходных материалов, значительные затраты на обеспечение радиационной безопасности, невыявляемость дефектов, расположенных в направлении просвечивания и совпадающих с изображением посторонних деталей. Значительная трудоемкость и малая скорость контрольных операций.
Ультразвуковой	Ограниченная контролепригодность крупнозернистых материалов. Значительная трудоемкость и малая скорость контрольных операций.
Капиллярный	Выявляемость только поверхностных дефектов
Магнитнопорошковый и вихретоковый	Выявляемость только поверхностных и подповерхностных дефектов
Герметичности	Выявляемость только сквозных течей

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Д.С. Тихонов. Современные автоматизированные средства и методы ультразвукового контроля для реакторных установок типа ВВЭР. ООО «НПЦ «ЭХО+»/ Д.С. Тихонов. - 2017 -12с.
2. Бадалян В.Г., Базулин А.Е., Вopilкин А.Х., Тихонов Д.С. Особенности разработки методик автоматизированного контроля в ультразвуковой дефектометрии / ООО «НПЦ «ЭХО+» / Контроль. Диагностика. – 2017. - № 3. – с.26-37.
3. А.В. Павличенко, А.С. Щербань. Отчет о проведении испытаний 01.03.2021-03.03.2021. Филиал АО "АЭМ-технологии" "Атоммаш" в г. Волгодонск – Волгодонск, 2021 - 25с.
4. А.Е. Базулин, А.В. Павличенко. Отчет о проведении испытаний 28.11.2022-02.12.2022г. Филиал АО "АЭМ-технологии" "Атоммаш" в г. Волгодонск, «Научно-производственный центр «ЭХО+» - Волгодонск, 2022 - 10с.
5. А.Е. Базулин, А.В. Павличенко. Отчет о проведении приемо-сдаточных испытаний оборудования АВГУР-АРТ 05.04.2023-14.04.2023г. Филиал АО "АЭМ-технологии" "Атоммаш" в г. Волгодонск, «Научно-производственный центр «ЭХО+» - Волгодонск, 2023 - 22с.
6. Д.С. Тихонов. Методики автоматизированной ультразвуковой диагностики высокого разрешения с новыми информационными критериями оценки качества сварных соединений / Д.С. Тихонов. // Контроль. Диагностика – 2016 – 38 – с.34-41.

### The practical application of advanced UT technologies in manufacturing vessel-type equipment for nuclear power plants

V.S. Guro<sup>1</sup>, A.V. Pavlichenko<sup>2</sup>

*Branch of JSC "AEM-technology" "Atomash" in Volgograd, Russia  
<sup>1</sup>e-mail: guro\_vs@atomash.ru; <sup>2</sup>e-mail: pavlichenko\_avh@atomash.ru*

**Abstract.** The paper considers the problem of overcoming the limitations of traditional methods of non-destructive testing by using advanced UT methods like PAUT, TFM/FMC, TOFD with mechanized and automated mechanisms for welded joints of vessel equipment for nuclear power plants during their production at the Branch of JSC "AEM-technology" "Atomash" in Volgograd. In the course of the research, experimental tests were carried out for welded joints of vessels of the PGV-1000 series steam generator and VVER-1200 reactor.

**Keywords:** automated non-destructive testing, mechanized non-destructive testing, PAUT, TFM/FMC, TOFD, PGV-1000 steam generator, VVER-1200 reactor.

## Внедрение односторонней разделки для сварки замыкающих швов парогенераторов ПГВ-1000 МКП на предприятиях холдинга АО «Атомэнергомаш»

М.А. Пабст<sup>1</sup>, А.О. Филинков<sup>2</sup>, С.А. Томили<sup>3</sup>

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

<sup>1</sup>*e-mail: [m.pabst@mail.ru](mailto:m.pabst@mail.ru)*

<sup>2</sup>*e-mail: [filinkov\\_ao@atommash.ru](mailto:filinkov_ao@atommash.ru)*

<sup>3</sup>*e-mail: [SATomilin@mephi.ru](mailto:SATomilin@mephi.ru)*

**Аннотация.** В работе рассматривается проблема сварки швов №110 парогенератора ПГВ-1000МКП. Выполнена сварка проб на подкладке. Во время работ опробовали 2 вида разделки. Сварку проб проводили РДС, АСФ одной проволокой и АСФ расщепленной дугой. Подтверждена возможность сварки корневой части шва (область малоуглеродистой наплавки) и формирования усиления шва со стороны, обратной разделке при использовании керамических подкладок.

**Ключевые слова:** парогенератор, сварка, керамические подкладки.

В настоящее время сварка швов №110 приварки днищ в сборе парогенератора производится по технологии, включающей применение ручной дуговой сварки покрытыми электродами корня шва с внутренней стороны. Производство сварочных работ в закрытых резервуарах и других емкостях является особенно опасным. Следует отметить, что в данном случае неудобства работы в закрытом сосуде усугубляются затрудненным доступом к отдельным участкам шва. Сварщики вынуждены работать во вредных, стесненных и неудобных условиях. В результате, при этом не всегда обеспечивается надлежащее качество сварных соединений. Применение керамических подкладок позволяет проводить сварку с одной стороны. В ходе работ произвели сварку определенного количества проб при различных условиях сборки, сварки в т.ч. заварка прожогов, сварка при большом зазоре и т.д.

Рассмотрим некоторые из них. На данном слайде можно видеть сварку пробы РДС, также показаны режимы сварки, при которых было получено хорошее формирование уличения шва. Основным способом сварки швов 110 является АСФ одной проволокой. Именно на этот способ и была направлена основная часть отработки технологии, были отработаны режимы сварки, заварено 19 проб на различных условиях сборки-сварки. Были заварены пробы (порядка 10 шт) расщепленной дугой, на текущем этапе работ качественной сварки и качественного формирования обратного валика добиться не удалось. Основные дефекты – прожоги, непровар, некачественное формирование обратного валика, нестабильное проплавление. От данного способа сварки в рамках данной работы было решено отказаться.

В результате проведенных работ:

1. Подтверждена возможность сварки корневой части шва (область малоуглеродистой наплавки) и формирования усиления шва со стороны, обратной разделке при сварке проволокой диам. 3 мм при использовании как постоянного тока, так и переменного тока. Подтверждена возможность заварки РДС с использованием подкладок прожогов, кратеров и участков корня шва с большими сборочными зазорами.

2. Внедрение технологии односторонней сварки для швов №110 позволит повысить качество сварных швов за счет ухода от штатной технологии

3. Разработаны варианты технологии сварки изделия с керамическими подкладками;

4. В качестве подкладных материалов при сварке в одностороннюю разделку целесообразно использовать подкладки марки ESAB PZ1500/72 или аналоги.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование возможности сварки автоматической сваркой под слоем флюса корневой части шва №110 парогенератора / А.Э. Хубиев [и др.] // Тяжелое Машиностроение – 2019. – №11-12–С. 107-110

### **Introduction of single-sided cutting for welding the closing seams of PGV-1000 MKP steam generators at the enterprises of JSCAtomenergomash holding»**

**M.A. Pabst<sup>1</sup>, A.O. Filinkov<sup>2</sup>, S.A. Tomilin<sup>3</sup>**

*Volgodonsk Institute of Engineering and Technology Branch of the National Research Nuclear University "MEPhI",  
Volgodonsk, Russia*

<sup>1</sup>*e-mail: [m.pabst@mail.ru](mailto:m.pabst@mail.ru)*

<sup>2</sup>*e-mail: [filinkov\\_ao@atomenergomash.ru](mailto:filinkov_ao@atomenergomash.ru)*

<sup>3</sup>*e-mail: [SATomilin@mephi.ru](mailto:SATomilin@mephi.ru)*

**Abstract.** The paper deals with the problem of welding joints No. 110 of the steam generator PGV-1000MKP. Welding of samples on the lining is performed. During the work, 2 types of cutting were tested. The samples were welded using RDS, ASF with a single wire, and ASF with a split arc. The possibility of welding the root part of the joint (the area of low-carbon surfacing) and forming a joint reinforcement from the side, reverse cutting when using ceramic linings, is confirmed.

**Keywords:** steam generator, welding, ceramic linings.

УДК621.175: 621.039.5

### **Изготовление и ремонт модуля трубной системы конденсатора АЭС ВВЭР-1200**

**А.А. Мукасеев<sup>1</sup>, Н.Н. Подрезов<sup>2</sup>**

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

<sup>1</sup>*e-mail: [alexsmuk1999a@gmail.com](mailto:alexsmuk1999a@gmail.com)*

**Аннотация.** В работе описан процесс создания модуля трубной системы конденсатора для турбины АЭС ВВЭР-1200. Разработана расчетная модель с детальной геометрией. Описаны процессы изготовления основных способов для проведения ремонтных работ.

**Ключевые слова:** конденсатор, модуль трубной системы, водо-водяной энергетический реактор, трубные доски, перегородки, титановые трубы.

Одним из средств получения высокого термического КПД паротурбинной установки является понижение температуры пара в конце процесса расширения за последней ступенью турбины и обеспечение минимально возможной конечной температуры цикла, т.е. температуры отвода тепла в окружающую среду (холодный источник). Это обеспечивается за счет работы конденсационной установки. В конденсаторе конденсируется отработавший в турбине пар, за счет чего поддерживается определенное вакуумметрическое давление (разрежение) в выхлопном патрубке турбины

Кроме того, конденсатор выполняет ряд дополнительных функций:

- Создание и поддержание вакуума за последней ступенью турбины.
- Сохранение конденсата отработавшего пара в цикле ПТУ.
- Создание запаса конденсата для устойчивой работы конденсатного насоса.
- Сбор и утилизация низкопотенциальных потоков пара и воды из тепловой схемы турбоустановки.

– Деаэрация, т.е. удаление растворенных газов (СО<sub>2</sub> и О<sub>2</sub>) из конденсата. Прием пара из паросбросных устройств турбины при пусках, остановках и сбросах нагрузки.



Для мощной турбины размеры конденсатора становятся настолько большими, что появляется необходимость транспортировки его в разобранном виде и сборки на месте установки. Составные части конденсатора, такие как модуль трубной системы, металлоконструкция с пароприемниками производятся в г. Волгодонск, филиал АО «АЭМ-технологии», «Атоммаш».

Подготовку к производству модуля трубных систем (МТС) на «Атоммаше» начали в 2021 году: создали новый участок в производственном корпусе № 4, освоили технологию сварки титана и развальцовки трубок в трубных досках (деформирование трубы в отверстиях трубной доски для создания герметичного соединения). Для проверки на герметичность изготовленного модуля разработали новое оборудование и технологию контроля изделия.

Габариты МТС впечатляют: длина – 16 м, высота – 6 м, ширина – 4 м. Вес – 125 т. Срок службы оборудования – 60 лет, при этом модуль может выдержать подземные толчки интенсивностью до 8 баллов.

Цель данной работы – описать основные процессы создания модуля трубной системы конденсатора и описать основные способы для проведения ремонтных работ. Разработать расчётную модель с детальной геометрией.



Рисунок1 –Модуль трубной системы

#### СПИСОКЛИТЕРАТУРЫ

1. Страна Росатом [Электронный ресурс]. – URL: <https://strana-rosatom.ru/>
2. Производственная система «Росатом» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ps-rosatom.ru/>

#### **Manufacture and repair of the module of the pipe system of the condenser of VVER-1200 NPP**

**A.A.Mukaseev<sup>1</sup>, N.N.Podrezov<sup>2</sup>**

*Volgodonsk Institute of Engineering and Technology – branch of the National Research Nuclear University "MEPhI", Volgodonsk, Rostov region, Russia*

<sup>1</sup>*e-mail: [alexmuk1999a@gmail.com](mailto:alexmuk1999a@gmail.com)*

**Abstract.** The results of Monte-Carlo simulations for the fuel lifetime of KLT-40S reactor are presented in this paper. A calculation model with detailed geometry was designed. It is shown that if the fuel composition is changed to a thorium-uranium one, it is possible to achieve the same fuel lifetime value at lower enrichment.

**Keywords:** condenser, pipe system module, water-water power reactor, pipe boards, partitions, titanium pipes.



## Повышение качества сварных соединений и сокращение цикла изготовления оборудования АЭС

**А.И. Рогожникова**

*Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск, Ростовская обл., Россия  
e-mail: edelweiss-1999@mail.ru*

**Аннотация.** В определенный момент своей деятельности любое предприятие ставит перед собой задачи модернизировать протекающие на нем процессы. Процесс модернизации – трудоемок и сложен, требует опыта положительного и отрицательного, оценки существующих технологий, выявления их достоинств и недостатков, а также материальной, литературной и исследовательской базы. В данной работе представлены некоторые из конструкторских и технологических предложений, примененных для повышения качества процессов сборки-сварки и сокращения цикла изготовления оборудования АЭС в Филиале АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш», г. Волгодонск.

**Ключевые слова:** модернизация, сборка-сварка, технология, трудоемкость, качество, РДС, АСФ.

1. Замена ручной дуговой сварки (далее – РДС) на полуавтоматическую сварку в среде защитных газов для вспомогательных швов.

До недавнего времени, в Филиале АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» приварку вспомогательных изделий (не работающих под давлением) из аустенитных сталей к корпусу реактора, внутрикорпусному оборудованию, емкости системы пассивного залива активной зоны, парогенератору, выполнялись посредством РДС. Данный способ хоть и хорошо изучен, однако отягощает производственный процесс, в частности, вызывает проблемы: длительный и трудоемкий цикл изготовления, отсутствие механизации сборочно-сварочного процесса.

В процессе аттестации технологии полуавтоматической сварки была использована сварочная проволока Св-04Х19Н11М3 Ø1,2 мм ГОСТ 2246-70 и опробованы несколько вариантов смеси защитных газов: 90%Ar+5%He+5%CO<sub>2</sub> и 90%Ar+10%He. Сварные соединения, выполненные в двухкомпонентной смеси показали лучшие результаты в части радиографического контроля (категория I согласно ПНАЭ Г-7-010-89).

Получены количественные показатели трудоемкости, отображенные в таблице 1 (для примера взяты некоторые из вспомогательных швов корпуса реактора). Толщины вспомогательных деталей варьируются от 6 до 20 мм.

Таблица 1 – Сравнение трудоемкости (н/ч) при РДС и полуавтоматической сварке

№ шва	Способ сварки	Н/Ч	Способ сварки	Н/Ч
№13-1...24	РДС	50,649	полуавтоматическая	25,85
№18...25		28		14,93
№51		1		0,76
№54		0,359		0,16
№55-1...2		0,2535		0,13

Плюсы внедренной технологии:

- Механизация процесса, увеличение производительности, уменьшения простоя оборудования;
- Отсутствие потребности в замене электрода в процессе сварки.
- Отсутствие зачистки шлака каждого валика шва.
- Уменьшение выделяемых аэрозолей при сварке, снижение риска развития профессиональных заболеваний.

1. Введение варианта автоматической сварки под флюсом (далее – АСФ) вместо РДС для кольцевого шва траверсы Блока верхнего.

Траверса служит для транспортировки Блока верхнего, одновременно выполняя роль страхующего устройства (функция защитной плиты от «летающих» предметов при аварийных разрывах чехлов средств управления и защиты (далее – СУЗ) и патрубков на крышке), а так же биологической защиты. Грузоподъемность 203 тонны. Материал – сталь углеродистая обыкновенного качества Ст3сп ГОСТ 380-2005.

С целью сокращения трудоемкости и повышения качества сварного соединения предложено выполнять кольцевой шов №3 приварки обечайки к листу нижнему и к кольцу с помощью АСФ (сварочная проволока Св-08А/Св-08АА, флюс марки ФЦ-16А). Ранее данный шов выполнялся РДС (электроды УОНИИ-13/55).

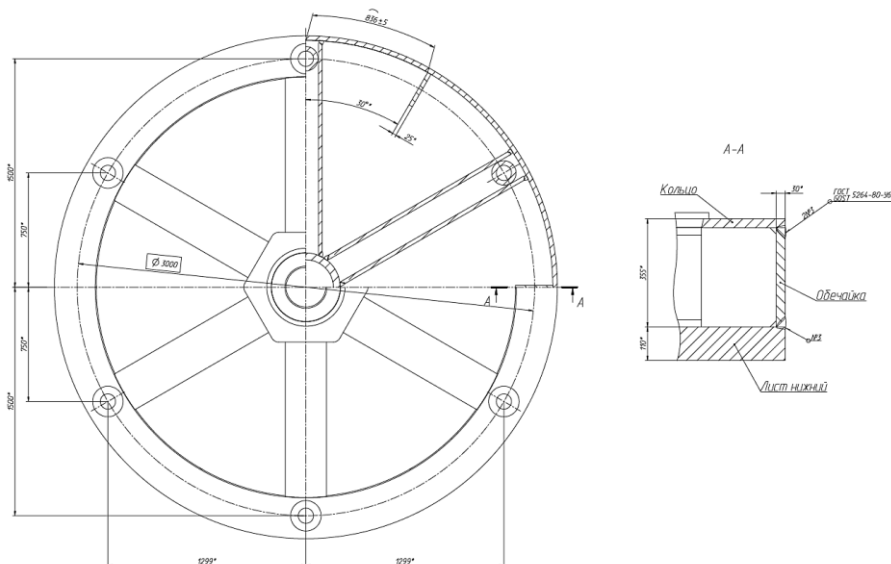


Рисунок 1 – Траверса, общий вид, сечение А-А

Специальная оснастка (рисунок 2) разработана для того, что «заневолиить» траверсу с целью обеспечения точности и уменьшения погрешностей при сборке и сварке. Приспособление устанавливается на сварочный манипулятор, где выполняется АСФ рассмотренного выше сварного шва №3.

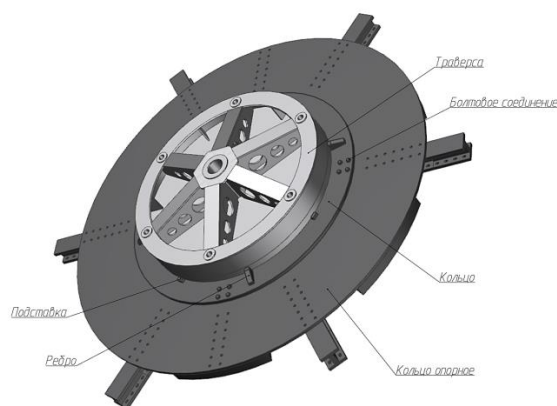


Рисунок 2 – Сборочно-сварочное приспособление для траверсы

Расход материалов и количество затрачиваемого времени на РДС и АСФ приведены в таблице 2. В результате сравнения вариантов сварки очевиден положительный экономический и временной эффект от внедрения технологии.

Таблица 2 – Сравнение количества материалов и трудоемкости способов сварки

Вид сварки	Материалы	Трудоемкость
РДС	Электроды УОНИИ-13/55-4,0: 526 кг.	2,3 н/ч
АСФ	Электроды (корень шва) УОНИИ-13/55-4,0: 348 кг.	1,5 н/ч
	Флюс марки ФЦ-16А: 143 кг.	
	Проволока 4 Св-08А: 110 кг.	

2. Вариант разделки кольцевого шва приварки обечайки опорной к днищу нижнему компенсатора давления.

Изначальный вариант разделки, отображенный в рабочей конструкторской документации филиала АО «АЭМ-технологии» «Петрозаводскмаш» имеет геометрию, изображенную на рисунке 5. Сварка комбинированная (сочетание двух или более способов сварки при выполнении одного сварного соединения). Для «внутренней» корневой части шва ( $\varnothing 2596^{+5}$  мм) необходимо использовать РДС (электроды УОНИИ-13/45А). Данная зона труднодоступна для АСФ, может произойти «закусывание» шлака, удаление которого сложно осуществимо. Толщина «уса» разделки мала (2 мм), что чревато прожогом. Остальную часть шва заваривают с помощью АСФ (проволока Св-08АА, флюс марки ФЦ-16А). Свариваемые материалы: сталь 10ГН2МФА с предварительной наплавкой Св-08АА и сталь 22К.

На практике, при выполнении ультразвукового контроля сварного соединения (I категория ПНАЭ Г 7-010-89), в части шва, выполненного РДС были обнаружены протяженные и единичные дефекты.

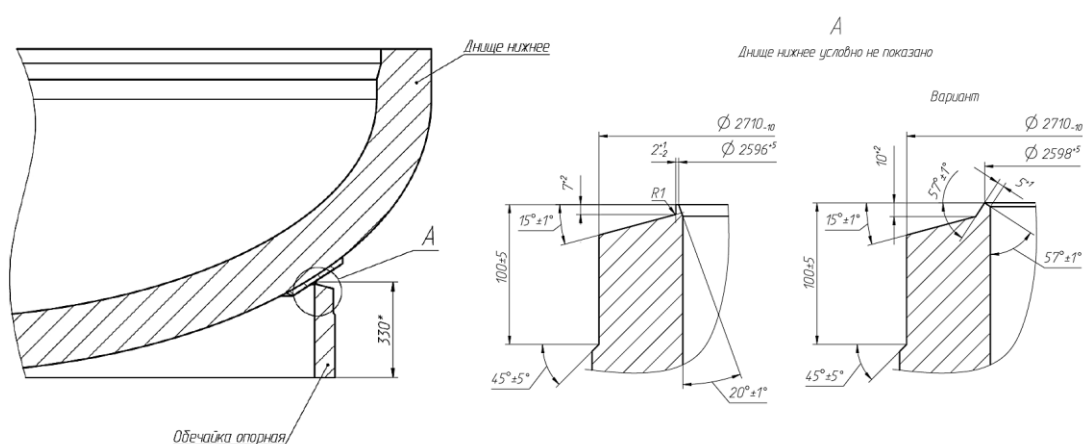


Рисунок 3 – Изначальный и новый варианты разделок обечайки опорной

С целью исключения дефектов и повышения качества сварного соединения, а также сокращения трудоемкости процесса, его механизации, специалистами филиала АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» было принято решение изменить разделку обечайки опорной (рисунок 5 «вариант»). Данный вариант предполагает выполнение всего шва АСФ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основное оборудование реакторного отделения / Министерство Российской Федерации по атомной энергии. Концерн «Росэнергоатом». Балаковская Атомная Электростанция. Служба подготовки персонала. – 186с.
2. Отчет Центральной сварочной лаборатории / АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш», г. Волгодонск, 2022, 6с.
3. ПСР-проект «Сокращение цикла изготовления изделий АЭС по направлению сварки путём внедрения полуавтоматической сварки нержавеющей сталей в среде защитных газов» / АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш», г. Волгодонск, 2023, 9с.
4. Рабочая конструкторская документация / АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш», г. Волгодонск, 2023.
5. Подготовка кромок под сварку [Электронный ресурс]: Все о сварке. URL: <https://samsvar.ru/> (дата обращения 04.05.2023).

#### Improving the quality of welded joints and reducing the cycle of manufacturing NPP equipment

A.I. Rogozhnikova

Atomash, AEM-Technologies, JSC Branch in Volgodonsk, Volgodonsk, Rostov region, Russia  
e-mail: edelweiss-1999@mail.ru

**Abstract.** At a certain point in its activity, any enterprise sets itself the task of modernizing the processes taking place on it. The modernization process is three-intensive and complex, requires positive and negative experience, evaluation of existing technologies, identification of their advantages and disadvantages, as well as material, literary and research base. This paper presents some of the design and technological proposals used to improve the quality of assembly-welding processes and reduce the manufacturing cycle of nuclear power plant equipment in Atommash, AEM-Technologies, JSC Branch in Volgodonsk.

**Keywords:** modernization, assembly-welding, technology, labor intensity, quality, MMA welding, SAW.

УДК 621.791.923

## Разработка технологии автоматической твердосплавной наплавки запорной арматуры

К.С. Родыгина<sup>1</sup>, А.О. Филинков<sup>2</sup>, А.Г. Карташов<sup>3</sup>, С.А. Томилин<sup>4</sup>

<sup>1-3</sup> Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск

<sup>4</sup> Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Россия

<sup>1</sup>e-mail: cyudaeva@yandex.ru; <sup>2</sup>e-mail: filinkov\_ao@atommash.ru;

<sup>3</sup>e-mail: kartashov\_ag@atommash.ru; <sup>4</sup>e-mail: SATomilin@mephi.ru

**Аннотация.** В работе рассматривается проблема образования недопустимых дефектов при изготовлении изделий с использованием ручного способа дуговой наплавки, электродами ЦН-6Л. Данный способ наплавки не обеспечивал необходимой производительности, а также требуемого качества наплавки, т.к. при ручной дуговой наплавке невозможно добиться равномерности толщины наплавленного слоя. Для улучшения качества и безопасности эксплуатации обратного клапана был изменен технологический процесс выполнения твердой наплавки и конструктив подготовленной под наплавку заготовки, который позволит автоматизировать процесс.

**Ключевые слова:** клапан обратный, автоматизация, разделка, износостойкая наплавка, качество.

В данном исследовании рассматривается клапан обратный. Он состоит из литого корпуса 1, диска 2, штока 3, втулки 4, седла 5, пружины 6, сальников 7 и пробки 8 (рис. 1). Объектом работы является износостойкая наплавка. Она необходима для обеспечения плотного прилегания диска к седлу, с целью получения герметичности в закрытом положении клапана. Поэтому возникают высокие требования к твердости, чистоте и геометрической форме рабочих поверхностей диска и седла. Модель клапана обратного показана на рисунке 1.

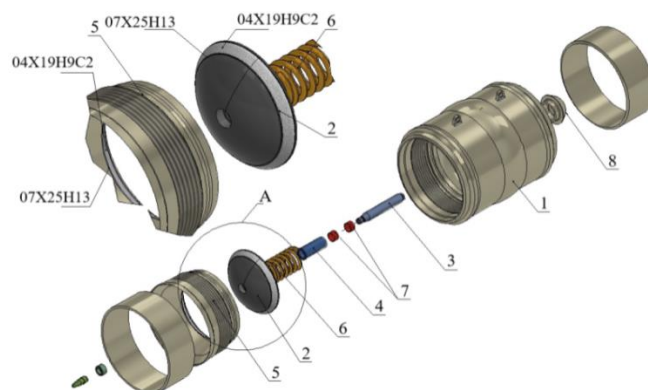


Рисунок 1 – Модель клапана обратного

Известно, что при наплавке более трех слоев (в применяемой технологии 6 слоев), высока вероятность образования трещин и др. дефектов (рис. 2). Поэтому в предлагаемой технологии изменена геометрия канавки под износостойкую наплавку (рис. 3), что

позволило при автоматическом процессе наплавки практически исключить дефекты присущие ручной дуговой наплавке. В результате получили по всей рабочей ширине поверхности наплавки одинаковую толщину и твердость HRC 37.

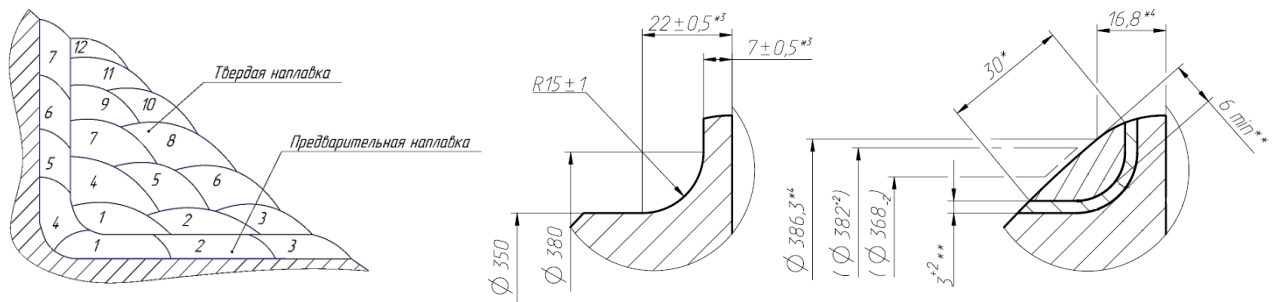


Рисунок 2 – Неравномерная толщина наплавки и твердость поверхностного слоя

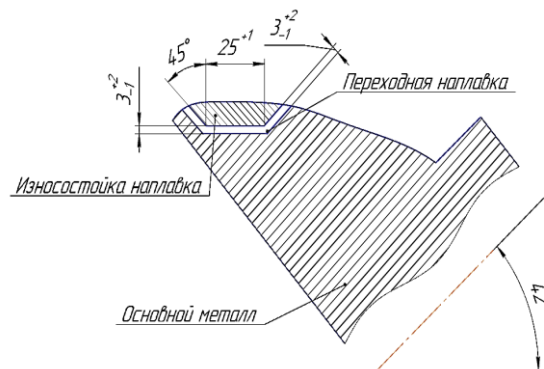


Рисунок 3 – Равномерная толщина наплавки, стабильно высокая твердость и высокое качество

Для отработки технологии выбрано оборудование, предназначенное для наплавки шибберных задвижек, которое обеспечит необходимый уровень высокого качества автоматической наплавки под флюсом. Установка состоит из колонны, стрелы, механизма поперечных колебаний в двух плоскостях, системы флюсооборота, сварочной головки, источника питания, пульта управления и поворотного манипулятора.

Для проведения испытаний предлагаемой технологии наплавки с поперечными колебаниями электрода были выбраны сварочные материалы, удовлетворяющие требованиям нормативных и регламентирующих документов, а также учтены рекомендации материаловедческих институтов.

Предлагаемое сочетание сварочных материалов для износостойкой наплавки:

– переходной слой: лента Св-07Х25Н13 + флюс 48 ОФ-10 (рис.4);

Band Sv-07Cr25Ni13 + flux 48-OF-10

– износостойкий слой: проволока Св-04Х19Н9С2 + флюс ФЦК-28 (рис. 4).

Sv-04Cr19Ni11Mo3 + flux FCC-28



Рисунок 4 – Наплавка под флюсом с поперечными колебаниями электрода

Оптимизированная технология наплавки с поперечными колебаниями электрода позволила минимизировать участие основного металла, а также значительно уменьшить

глубину проплавления, из-за чего получается наплавка высокого качества. Были подобраны технологические параметры наплавки, обеспечивающие наибольшую твердость (табл. 1).

Таблица 1 – Технологические параметры износостойкой наплавки проволокой Св-04Х19Н9С2 с поперечными колебаниями

Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Амплитуда колебаний, мм	Частота, Гц
4,0	345-355	28-30	44-46	22-25	1,5-1,7

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полосков, С.С. Проблемы наплавки уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры и пути их решения: текст / С.С. Полосков – Вестник ДГТУ. – 2019. – № 4 – С. 349-356.
2. Кудасов, А.Г. Сравнительный анализ наплавки элементов трубопроводной арматуры ручной дуговой и автоматической сваркой под слоем флюса: текст / А.Г. Кудасов, Т.Э. Пантелеева, В.Н. Мещеряков – Газовая промышленность. – 2018. – № 8 – С. 90-94.
3. Васильченко, Е.Г. Арматура энергетическая для АЭС: каталог-справочник / Е.Г. Васильченко, А.П. Майоров, Н.П. Зубков – Научно-исследовательский институт экономики в энергетическом машиностроении. – 1986. – 247 с.
4. Акулов, А. И. Технология и оборудование сварки плавлением: учебник для студентов вузов / А.И. Акулов, Г. А. Бельчук, В. П. Демянцевич – Москва : Машиностроение, 1977. – 432 с.

#### Development of technology for automatic hardfacing of stop valves

**K.S. Rodygina<sup>1</sup>, A.O. Filinkov<sup>2</sup>, A.G. Kartashov<sup>3</sup>, S.A. Tomilin<sup>4</sup>**

*Volgodonsk Institute of Engineering and Technology Branch of the National Research Nuclear University "MEPhI", Volgodonsk, Russia*

<sup>1</sup>*e-mail: [cyudaeva@yandex.ru](mailto:cyudaeva@yandex.ru)*

<sup>2</sup>*e-mail: [filinkov\\_ao@atomash.ru](mailto:filinkov_ao@atomash.ru)*

<sup>3</sup>*e-mail: [kartashov\\_ag@atomash.ru](mailto:kartashov_ag@atomash.ru)*

<sup>4</sup>*e-mail: [SATomilin@mephi.ru](mailto:SATomilin@mephi.ru)*

**Abstract.** The paper considers the problem of the formation of unacceptable defects in the manufacture of products using the manual method of arc welding, with CN-6L electrodes. This method of surfacing did not provide the necessary performance, as well as the required quality of surfacing, because with manual arc surfacing it is impossible to achieve uniformity of the thickness of the deposited layer. To improve the quality and safety of operation of the check valve, the technological process of performing solid surfacing and the design of the workpiece prepared for surfacing has been changed, which will allow automating process.

**Keywords:** check valve, automation, cutting, wear-resistant surfacing, quality.

УДК621.791.753.5

#### Устойчивость процесса сварки под флюсом в режиме пульсирующей дуги

**В.А. Винничук<sup>1</sup>, Н.Н. Подрезов<sup>2</sup>, Ю.В. Доронин<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup>*Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

<sup>3</sup>*Аттестационный центр городского хозяйства, г. Москва*

<sup>1,2</sup>*e-mail: [VITkafMPM@mephi.ru](mailto:VITkafMPM@mephi.ru)*

<sup>3</sup>*e-mail: [ac-mosgaz@yandex.ru](mailto:ac-mosgaz@yandex.ru) [acgh@naks.ru](mailto:acgh@naks.ru)*

**Аннотация.** В работе исследовали устойчивость сварочного контура сварки под флюсом пульсирующей дугой (PulseSAW) при наплавке валиков на пластину из стали 09Г2С толщиной 16 мм проволокой диаметрами 3 и 4 мм на разных режимах. В качестве основного элемента системы питания сварочной дуги применяли инверторный программируемый источник питания ИОН 48-900,



оснащенный микропроцессорной системой управления. Изучали влияние режимов PulseSAW прямоугольными токовыми импульсами на устойчивость процесса в зависимости от скважности, частоты и размаха амплитуды. Формирование металла шва оценивали металлографическими макро- и микроанализами, а сварочно-технологические свойства источника питания - по ГОСТ 25616-83. Установлено влияние оцениваемых параметров при сварке под флюсом пульсирующей дугой на устойчивость процесса и формирование наплавов.

**Ключевые слова:** пульсирующая дуга, PulseSAW – процесс, импульс тока сварки, формообразование, осциллографирование.

PulseSAW – процесс пульсирующей знакопостоянной дугой является разновидностью электродуговой сварки модулированным током. Этот процесс малоизучен, несмотря на очевидные преимущества по отношению к традиционной АСФ на постоянном и переменном токе.

В работе исследовали устойчивость сварочного контура PulseSAW - процесса при наплавке валиков на пластину из стали 09Г2С сварочной проволокой Св08Г2С Ø3 и Ø 4мм в сочетании с плавным флюсом ФЦ-16А. Для осциллографирования параметров режима сварки применяли информационно – измерительную систему SignalExpress 2014 на базе NI9229. Обработку осциллограмм проводили в прикладном пакете NIDiadem 2018 (учебная версия). Металлографические исследования выполняли на микроскопе Discovery.

Широкий набор регулировок в источнике ИОН 48-900, а также принципиальное наличие импульсного режима обеспечивает как возможность программирования и оптимизации PulseSAW - процесса, так и работу на традиционных режимах сварки под флюсом.

На первом этапе по результатам осциллографирования (рис. 1), PulseSAW – процесса проводили сравнительный анализ регулятора ИП ИОН 48-9.

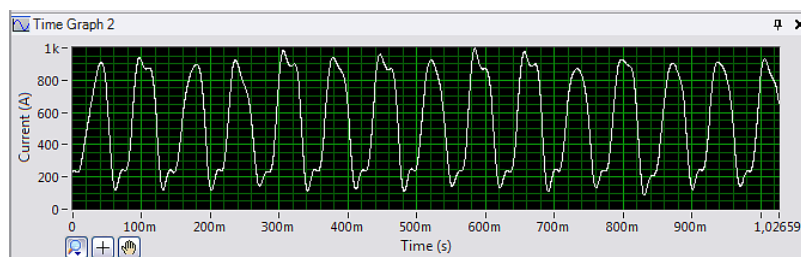


Рисунок 1 – Типичная токовая осциллограмма PulseSAW – процесса, шов №4, меандр

Результаты осциллографирования приведены в таблице 1. Заполняемость меняли от  $Kз = 0,5$  (меандр) до  $Kз = 1,0$  (шов 00, табл. 1). Заметим, что сварка на знакопостоянном токе без вынужденных колебаний нагрузки импульсами системы питания со стороны источника (в режиме DC тока) – это частный случай пульсирующей дуги с  $Kз = 1,0$ .

Таблица 1 – Результаты осциллографирования PulseSAW – процесса

N шва	Задание на АСФ*		Уд, В	Фактические значения при АСФ**(пульсирующая дуга, электрод Ø 4 мм)							
	Iсв, А			I <sub>0</sub> , А	СКЗ по току, А	U <sub>0</sub> , В	СКЗ по напряж., В	P, Вт	f, Гц	ΔI/2, А	ΔU/2, В
	Kз, %	I <sub>п</sub> , А									
00	100	490	32	486	521	31,7	31,7	15400	11,5	110	0,8
01	90	1000 150		514	570	31,4	32,2	18354	9,8	248	6,8
02	75			497	560	32,5	33,0	18480	11,1	302	5,0
03	60			510	578	32,5	32,6	18842	12,8	351	2,7
04	50			505	577	31,7	31,9	18406	14,2	340	2,8
05	30			процесс невозможен							

\* Iсв – ток сварки (задается с блока подачи проволоки); Уд – напряжение на дуге (задается с дистанционного пульта); Kз – коэффициент заполнения.  
 \*\* I<sub>0</sub>, U<sub>0</sub> – среднеарифметическое значение тока и напряжения сварки;  
 СКЗ по току, СКЗ по напряжению – среднеквадратичное значение тока и напряжения сварки (RMS);  
 ΔI/2 – амплитуда основной частоты процесса по току (внешние импульсы);  
 ΔU/2 – амплитуда основной частоты процесса по напряжению (внешние импульсы);  
 P – мощность активная на сварочной дуге по выборкам СКЗ по току, СКЗ по напряжению;  
 f – основная частота процесса - частота пульсаций i(t) и u(t) на установившемся режиме. сварки);  
 i(t), u(t) – мгновенные значения тока и напряжения сварки.



На втором этапе изучали влияние режимов пульсирующей дуги на процесс кристаллизации и последующего формирования швов. Типичное формообразование шва показано на рисунке 2.

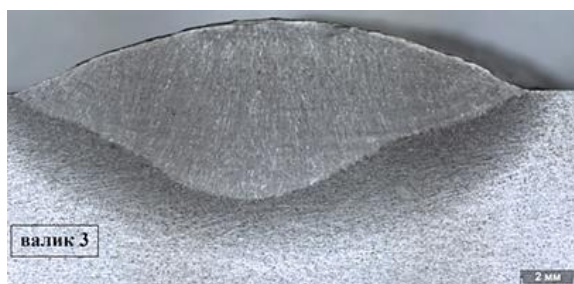


Рисунок 2 – «Грибовидное» проплавление основного металла,  $K_z = 72\%$ , электрод  $\varnothing 4$  мм, вылет – 40 мм,  $V_{св} \sim 30$  см/мин

Во всех случаях проплавление основного металла пульсирующей дугой оказалось выше, чем при сварке на постоянном токе обратной полярности.

В целом в работе показано, что SAW– процесс пульсирующей дугой является более гибким по сравнению с обычными режимами и допускает подбор подходящих технологических режимов для сварных изделий, применяемых в атомной энергетике.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 25616-83. Источники питания для дуговой сварки. Методы испытания сварочных свойств.
2. Чернов А.В. Обработка информации в системах контроля и управления сварочным производством: Монография /Новочерк. гос. техн. ун-т. - Новочеркасск: НГТУ, 1995. – 180 с.
3. Судник В.А., Ерофеев В.А., Масленников А.В., Цвелев Р.В. Моделирование процесса дуговой сварки под флюсом, исследование влияния напряжения дуги и диаметра электрода// Известия ТулГУ. Технические науки. – 20–5. – Вып. 6, ч.2, –С. 12-20

#### Stability of the submerged arc welding process in pulsed arc mode

**V.A. Vinnichuk<sup>1</sup>, N.N. Podrezov<sup>2</sup>, Yu. V. Doronin<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup>Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University “MEPhI”, Volgodonsk, Rostov region, Russia

<sup>3</sup>Certification Moscow Center of municipal services, Moscow, Russia

<sup>1,2</sup>e-mail: [VITkafMPM@mephi.ru](mailto:VITkafMPM@mephi.ru)

<sup>3</sup>e-mail: [ac-mosgaz@yandex.ru](mailto:ac-mosgaz@yandex.ru) [acgh@naks.ru](mailto:acgh@naks.ru)

**Abstract.** In this work, the stability of the welding circuit for submerged arc welding with a pulsed arc (Pulse SAW) was studied during the welding of beads on a plate made of steel 09G2S with a thickness of 16 mm using a wire with a diameter of 3 mm in different modes. As the main element of the welding arc power system, an ION 48-900 inverter programmable power source equipped with a microprocessor control system was used. We studied the effect of Pulse SAW modes with rectangular current pulses on the stability of the process depending on the duty cycle, frequency, and peak-to-peak amplitude. The formation of the weld metal was evaluated by metallographic macro- and microanalysis, and the welding-technological properties of the power source - according to GOST 25616-83 [1]. The influence of the estimated parameters in submerged arc welding with a pulsed arc on the stability of the process and the formation of surfacings is established.

**Keywords:** pulsating arc, Pulse SAW - process, welding current pulse, seam shaping, oscillography.

## Контроль сварных соединений из сталей аустенитного класса с использованием технологии фазированных решеток

А.С. Щербань<sup>1</sup>, А.В. Павличенко<sup>2</sup>

Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» г. Волгодонск

<sup>1</sup>e-mail: shcherban\_as@atomash.ru; <sup>2</sup>e-mail: pavlichenko\_avh@atomash.ru

**Аннотация.** В работе рассматривается проблема преодоления ограничений по проведению контроля сварных соединений изделий из сталей аустенитного класса классическими методами УЗК. В качестве решения проблемы рассматривается технология продвинутого УЗК с применением преобразователей на основе фазированных решеток нестандартной конструкции, а именно матричных сдвоенных (DMA) и прореженных (ПРАР) ФР преобразователей с применением методов PAUT и TFM/FMC. В ходе исследований проведены сравнительные испытания между указанными технологиями и радиографией на образцах и изделиях АЭС из нержавеющей сталей, которые подтвердили высокую сходимость результатов контроля обоими методами.

**Ключевые слова:** продвинутые методы УЗК, DMAPA, ПРАР ФР, PAUT, TFM/FMC, сравнение радиография.

На сегодняшний день в отечественной атомной энергетике существует проблема преодоления ограничений по проведению контроля сварных соединений из сталей аустенитного класса классическими методами УЗК. Ультразвуковой метод основан на посылке в контролируемое изделие импульсов ультразвуковых колебаний и регистрации интенсивности и времени прохождения отраженных сигналов. По причине того, что стали аустенитного класса являются крупнозернистыми, процессы прохождения прямых и отраженных сигналов в них затруднены из-за сильного затухания ультразвуковых волн, вызванных процессами отражения, поглощения и рассеяния частиц УЗ колебаний при соприкосновении с зернами стали.

В нашем исследовании проведены испытания передовых методов ультразвуковой дефектоскопии PAUT, TFM/FMC с применением фазированных преобразователей нестандартной конструкции. Они показали высокий уровень выявления дефектов в деталях из сталей аустенитного класса. В Филиале АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» испытания проходили на св. швах Шахты внутрикорпусной - рисунок 1.

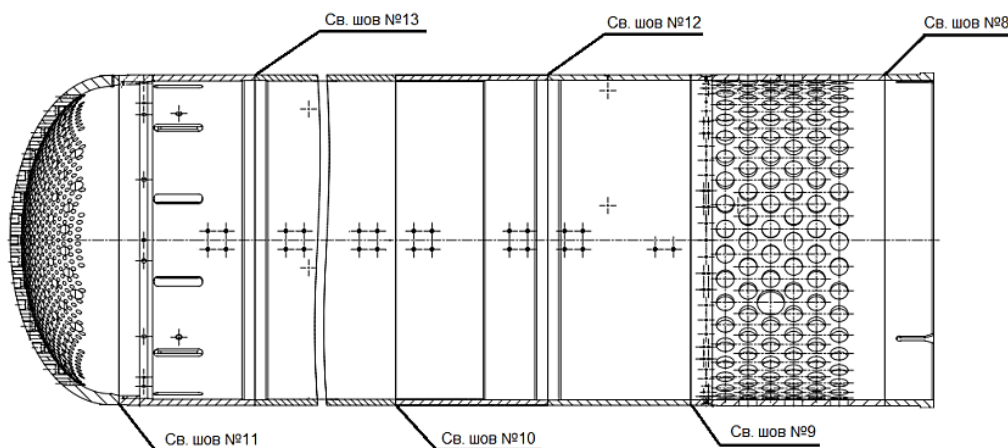


Рисунок 1 – Сварные соединения Шахты внутрикорпусной, пригодные для контроля технологиями ФР

Исследования проводились в рамках внедрения технологий PAUT с поддержкой функции управления элементами в фазированных решетках в производственный процесс в Филиале АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш». Исследования включают результаты контроля объектов из нержавеющей стали, выполненные сторонними организациями по приглашению ВФ «АЭМ-технологии» в рамках демонстрационных испытаний оборудования, так и выполненные компанией «ЭХО+», которая стала поставщиком системы АУЗК для «Атоммаш».

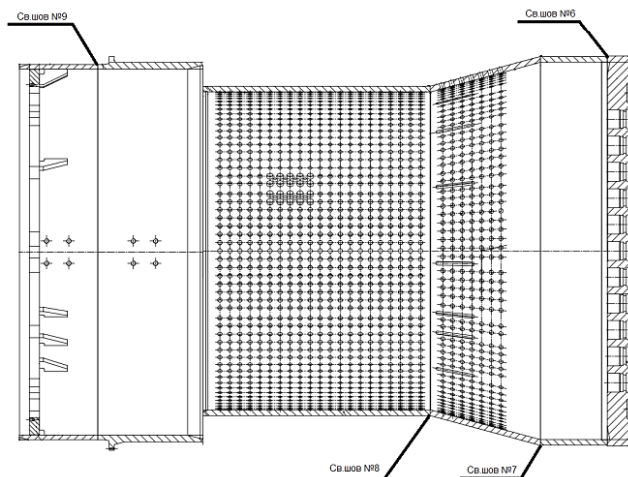


Рисунок 2 – Сварные соединения Блока защитных труб, пригодные для контроля технологиями на основе ФР

Основными объектами контроля из сталей аустенитного класса для проведения контроля с применением ультразвуковых преобразователей на базе фазированных решеток в Филиале АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» являются кольцевые и продольные сварные соединения корпусов Шахты внутрикорпусной и Блока защитных труб с диапазоном толщин от 20 до 120мм. Главной причиной внедрения автоматизированного УЗК ФР на данных св.швах является возможность замены дорогостоящего и затратного по времени радиографического контроля. Чаще всего основанием для замены радиографии на передовые методы УЗК могут послужить:

- необходимость сокращения затрат и сроков выполнения неразрушающего контроля изделий на заводе изготовителе, при монтаже или эксплуатации изделия;
- необходимость сохранения файлов с данными контроля, необходимыми для выявления и мониторинга эксплуатационных дефектов;
- наличие норм оценки качества, базирующихся на измерении протяженности и высоты дефекта;
- невозможность проведения радиографического контроля.

Вследствие различных физических принципов, лежащих в основе радиографии и ультразвукового контроля, и отличающихся технологий выполнения испытаний существуют различия в результатах между методами, не смотря на их высокую сходимость и повторяемость. Данные различия часто требуют выполнения дополнительных операций. В целом при замене радиографии должен быть выполнен перечень работ для обоснования замены контролей, который приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Работы, выполняемые при обосновании замены радиографии на передовые методы УЗК

№	Наименование работы
1.	Анализ нормативной и конструкторской документации
2.	Обзор литературы по решению задачи замены радиографии на АУЗК для аналогичных объектов
3.	Выполнение математического моделирования
4.	Проведение АУЗК и сопоставление с результатами радиографии на своих испытательных образцах или испытательных образцах заказчика
5.	Подготовка итогового отчета и технического решения

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Д.С. Тихонов. Методики автоматизированной ультразвуковой диагностики высокого разрешения с новыми информационными критериями оценки качества сварных соединений / Д.С. Тихонов. // Контроль. Диагностика – 2016 – 38 – с.34-41.
2. А.В. Павличенко, А.С. Щербань. Отчет о проведении испытаний 01.03.2021-03.03.2021. Филиал АО "АЭМ-технологии" "Атоммаш" в г. Волгодонск – Волгодонск, 2021 - 25с.
3. А.Е. Базулин, А.В. Павличенко. Отчет о проведении испытаний 28.11.2022-02.12.2022г. Филиал АО "АЭМ-технологии" "Атоммаш" в г. Волгодонск, «Научно-производственный центр «ЭХО+» - Волгодонск, 2022 - 10с.
4. А.Е. Базулин, А.В. Павличенко. Отчет о проведении прямо-сдаточных испытаний оборудования АВГУР-АРТ 05.04.2023-14.04.2023г. Филиал АО "АЭМ-технологии" "Атоммаш" в г. Волгодонск, «Научно-производственный центр «ЭХО+» - Волгодонск, 2023 - 22с.
5. В.Г. Бадалян. Д.С. Тихонов. Применение УЗК вместо РГК / В.Г. Бадалян. Д.С. Тихонов // «ЭХО+»: сетевой журнал – 15.02.2019. – URL : [https://echoplus.ru/news/primeneniye-uzk-vmesto-rgk/?sphrase\\_id=1011](https://echoplus.ru/news/primeneniye-uzk-vmesto-rgk/?sphrase_id=1011).
6. Базулин Е.Г. Ультразвуковой контроль толстостенных объектов с помощью прореженных антенных решёток/ Базулин Е.Г. // «ЭХО+»: сетевой журнал – 05.10.2020. – URL : <https://echoplus.ru/publication/o-primenenii/ultrazvukovoy-kontrol-tolstostennykh-obektov-s-pomoshchyu-prorezhennykh-antennykh-reshyetrok-/>
7. А.Х. Вовпилкин, С.В. Ромашкин, Д.С. Тихонов. Применение современных методов автоматизированного ультразвукового контроля технологических трубопроводов из аустенитных сталей взамен радиографического контроля. / А.Х. Вовпилкин [и др.]// Химическая техника – 2015 – №4 – с.20-23.

### Inspection of welded joints made of austenitic stainless steels by phased array technology

A.S. Shcherban<sup>1</sup>, A.V. Pavlichenko<sup>2</sup>

*Branch of JSC "AEM-technology" "Atomash" in Volgogradsk, Volgogradsk, Rostov region, Russia  
<sup>1</sup>e-mail: shcherban\_as@atomash.ru; <sup>2</sup>e-mail: pavlichenko\_avh@atomash.ru*

**Abstract.** The paper considers the problem of overcoming the limitations of the inspection of welded joints that are made of austenitic stainless steels by traditional UT methods. The technology of advanced UT with using transducers based on phased arrays of non-standard design like dual matrix (DMA) and thinned (TAA) phased array with PAUT and TFM/FMC testing technologies is considered as a solution of the problem. In the course of the research, comparative tests were carried out between traditional and advanced testing methods on special specimens and NPP equipment that made of stainless steels. The results of the research have confirmed the high level of convergence between the methods.

**Keywords:** advanced ultrasonic testing, DMA PA, TAA PA, PAUT, TFM/FMC, radiography comparison.

УДК 621.791.037:621.791.753.5

### Выполнение кольцевых и продольных швов с помощью автоматической сварки под слоем флюса

А.Г. Карташов<sup>1</sup>, С.В. Оржеховский<sup>2</sup>

*Филиал АО «АЭМ-Технологии» «Атоммаш» г. Волгодонск, Россия  
<sup>1</sup>e-mail: [kartashov\\_ag@atomash.ru](mailto:kartashov_ag@atomash.ru)  
<sup>2</sup>e-mail: [orgehovskiy\\_sv@atomash.ru](mailto:orgehovskiy_sv@atomash.ru)*

**Аннотация.** В работе рассматривается проблема выполнения кольцевых, внутренних швов обечайки. Смоделирован способ выполнения кольцевых и продольных швов с помощью автоматической сварки под слоем флюса.

**Ключевые слова:** сварка кольцевых швов, сварка под слоем флюса.



На сегодняшний день в отечественной атомной энергетике существует проблема изготовления оборудования для Атомных Электростанций. Сущность проблемы заключается в том, что для изготовления корпусов, при сварки внутренних кольцевых и продольных швов применяется:

- консольные аппараты для выполнения сварки под слоем флюса (рис. 1). Данное оборудование не подходит для сварки швов в трудно доступных местах, ограничено габаритами свариваемого изделия, а также само по себе является габаритным и дорогостоящим оборудованием;



Рисунок 1 – Сварочная установка консольного типа

- ручная дуговая сварка, является малопродуктивным видом сварки, качество сварки зависит в первую очередь от квалификации сварщика.

В нашем исследовании рассматривается способ выполнения сварки с помощью автоматической сварки под слоем флюса тракторного типа (рис. 2). Данная сварка выполняется на гибких направляющих (рис. 3), снабженных магнитными фиксаторами, обеспечивает жесткую фиксацию для перемещения строго вдоль оси сварочного шва и равномерное его заполнение, а также исключает уход трактора с траектории движения, помогает добиться легкой установки и фиксации трактора в полости сварного изделия.



Рисунок 2 – Сварочный трактор АСФ

Преимущество тракторного типа в не дорогом оборудовании, а также за счет менее габаритных размеров по сравнению с консольными сварочными автоматами, позволяет выполнять процесс сварки в более труднодоступных местах, обеспечивает высокую производительность и практически исключает возможность возникновения брака.

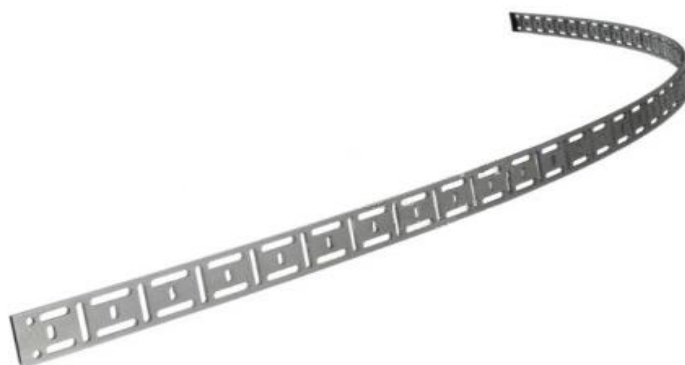


Рисунок 3 – Гибкая направляющая

Для сварки кольцевых швов используется специальный синхронизатор скоростей, закрепленный на сварочной установке, который учитывает скорость сварочного трактора, угол наклона сварочного аппарата, а также делает расчет и корректировку скорости для роликоопорной установки. Синхронизатор скоростей имеет гравитационный тип действия. Тандем сварочного трактора с синхронизатором скоростей может применяться для сварки замыкающих кольцевых швов внутри сосуда. При этом как монтаж, так и демонтаж трактора осуществляется через ревизионные люки свариваемого сосуда.

Таким образом, предлагаемый способ сварки под слоем флюса (рис. 4), позволяет использовать его для сварки кольцевых и продольных швов в узких местах изделия, обеспечивать высокую производительность сварки и качество сварочного соединения, снижает возможность возникновения брака, обеспечивает непрерывность сварки, позволяет производить легкий монтаж в замкнутых условиях.



Рисунок 4 – Выполнение кольцевого шва АСФ

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Львов Н.С. Автоматизация направления сварочной головки. «Машиностроение», / Н.С. Львов 1966. – 56 с.; ил;
2. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. – т. 3 / Под ред. В.А. Винокурова – М.: Машиностроение, 1979 г. – 158 с.
3. Рыжков Н.И. Производство сварных конструкций в тяжелом машиностроении. Организация и технологии. 2-е изд., перераб. И доп. – М.: «Машиностроение» / Рыжков Н.И 1980 г. – 75с.

## Performing annular and longitudinal seams using automatic welding under a layer of flux

A.G. Kartashov<sup>1</sup>, S.V. Orzhekhovskiy<sup>2</sup>

Joint Stock Company Engineering company AEM-technology Atommash in Volgograd, Russia

1 e-mail: [kartashov\\_ag@atommash.ru](mailto:kartashov_ag@atommash.ru)

2 e-mail: [orgehovskiy\\_sv@atommash.ru](mailto:orgehovskiy_sv@atommash.ru)

**Abstract.** The paper considers the problem of performing annular, internal shell seams. The method of performing annular seams using automatic welding under a layer of flux is modeled.

**Keywords:** welding of annular seams, welding under a layer of flux.

УДК 621.7 : 621.039

## Проблемы механической обработки деталей внутрикорпусных устройств реакторов типа ВВЭР и пути их решения

М.Е. Жидков<sup>1</sup>, А.А. Моисеенко<sup>2</sup>, С.А. Томилин<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Филиал АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» г. Волгоград, Россия

<sup>3</sup>Волгоградский инженерно-технический институт – филиал НИЯУ МИФИ, г. Волгоград, Россия

<sup>1</sup>[zhidkov\\_me@atommash.ru](mailto:zhidkov_me@atommash.ru)

<sup>2</sup>[moiseenko\\_aa@atommash.ru](mailto:moiseenko_aa@atommash.ru)

<sup>3</sup>[SATomilin@mephi.ru](mailto:SATomilin@mephi.ru)

**Аннотация.** В работе рассмотрены проблемы, возникающие в процессе механической обработки одной из наиболее сложных деталей внутрикорпусных устройств реакторной установки. Предложены пути совершенствования технологии ее изготовления, позволяющие обеспечить повышение качества продукции, надежность и безопасность эксплуатации ядерного реактора.

**Ключевые слова:** технологический процесс, механическая обработка, внутрикорпусное устройство, реакторная установка, технологическое оборудование, режущий инструмент.

В современных условиях происходит непрерывное повышение требований к безопасности эксплуатации ядерных установок. Ключевые элементы, влияющие на безопасную эксплуатацию реакторной установки – внутрикорпусные устройства реактора (ВКУ), принимающие на себя основные температурные и динамические нагрузки, а также, излучение от происходящих процессов в активной зоне реактора. Максимальному влиянию агрессивной среды подвержено изделие «Выгородка», которое является одновременно элементом, располагающим в себе топливно-выделяющие сборки, и сдерживающее основную часть их воздействия на остальные элементы реактора. Критически важно в процессе производства изделий обеспечить соблюдение требований конструкторской документации и технологического процесса, выдерживая геометрические параметры и точность размеров поверхностей. При этом необходимо также выдержать микрогеометрию обработанных поверхностей, определяющих ресурс работы ВКУ. Вышеперечисленные требования ставят ряд задач, возникающих при выполнении сложных механических операций на этих изделиях.

Основные аспекты, осложняющие механическую обработку ВКУ, рассмотрим на примере деталей «Кольцо», входящих в состав сборочной единицы «Выгородка».

Согласно исходному технологическому процессу изготовления колец выгородки, механические операции фрезерования 54 внутренних граней и крепежных угловых пазов на образующей поверхности колец имеют длительный период времени. Количество крепежных пазов зависит от варианта исполнения кольца – от 12 до 24, с одним или двумя



рядами. Изначальная технология предусматривала черновую обработку 54-х граней на горизонтально-расточных станках в вертикальном положении колец с применением угловых поворотных головок и чистовую обработку граней в горизонтальном положении на карусельном станке с применением угловой фрезерной головки. В общей сложности использовалось минимум две единицы оборудования с нормами времени в 454 часа. Обработка 12-ти угловых крепежных пазов требовала дополнительно наличие поворотного стола в связке с горизонтально-расточным станком, с трудоемкостью 360 нормо-часов для колец с одним рядом пазов и 386 нормо-часов для колец средней части, имеющих два ряда пазов. Итоговая сумма норм времени для четырех колец одной выгородки составляет 3308 часов, что увеличивает риски срыва выполнения производственной программы. Материал изделий ВКУ – сталь 08X18H10T – имеет ряд специфических особенностей при механической обработке ввиду своего химического состава и предъявляет жесткие требования к режущему инструменту и методам обработки. Следует заметить, что изначально технологический процесс регламентировал черновую обработку граней по разметке в полуавтоматическом режиме в вертикальном положении колец выгородки, что негативно сказывалось как на геометрии изделия по причине деформации, так и на технологичности, ввиду потерь времени на определение траектории прохода оператором и размерного контроля полученных поверхностей, с риском ошибочных действий ввиду человеческого фактора.

С целью сокращения длительности механических операций, повышения производительности труда и коэффициента полезного использования оборудования, снижение риска брака, а также рационального использования режущего инструмента был проведен ряд изысканий. Основными мерами по переработке исходного технологического процесса стали:

- выбор более подходящего технологичного оборудования;
- внедрение режущего инструмента более соответствующего условиям обработки;
- разработка управляющих программ для СЧПУ задействованного оборудования с реализацией оптимальных траекторий резания.

На первоначальном этапе оптимизации выполнения перечисленных механических операций, был выбран модернизированный продольно-фрезерный станок FOREST Y2500SN, исключаяющий вертикальное положение детали и процессы кантования. Благодаря горизонтальному расположению на плоскости плазменного поля станка FOREST не требуется сложных схем базирования и закрепления в сравнении с вертикальной установкой, что существенно сокращает подготовительно-заключительное время наладки механических операций. Объективное технологическое преимущество оборудования связано с наличием СЧПУ нового поколения, позволяющей в полной мере реализовать возможности параметрического программирования в процессе создания управляющих программ фрезерования 54-х граней и угловых крепежных пазов, а также, наличие угловых поворотных головок, позволяющих изменять плоскости обработки, в том числе обеспечить наклонные.

Для выполнения механической операция фрезерования 54-х граней внедрен более технологичный режущий инструмент – корпусная фреза Ø160мм АНХ640S с пластинами NNMU200712ZER-ММ МР7030 специально разработанными для обработки легированных сталей аустенитной группы.

Механическая операция фрезерования угловых крепежных пазов требует обеспечение вибрационно-стойким инструментом, гарантирующим производительное и стабильное удаление материала при пересечении стенок каналов охлаждения не вызывая вибраций, препятствуя образованию сколов режущей кромки. В процессе подбора изучено несколько вариантов. Выбрано 2 варианта режущего инструмента, наиболее подходящего к перечисленным требованиям:

1. Фреза цилиндрическая Ø32 фирмы «Sandvik» с использованием режущих твердосплавных пластин серии R-390, радиус скругления 1,2.

2. Фреза цилиндрическая Ø40 MT-200-040А фирмы «Скиф-М» с использованием пластин круглого профиля Скиф-М RONT10T3M0EN HCM30X.

Дополнительно доработан вспомогательный инструмент – оправка антивибрационная Скиф-М TH-W40A16H240, скорректирована длина и диаметр посадки оправки с целью установки и закрепления в цанговом патроне и подавления вибраций, с зажимом на основе гидропласта.

Для выбора оптимального режущего инструмента в производственных условиях были проведены эксперименты. Фреза цилиндрическая Ø32 фирмы «Sandvik» серии R-390 не смогла обеспечить приемлемый период стойкости при рекомендуемых режимах резания, что является неприемлемым результатом, с учетом наличия всего 2-х режущих кромок у одной пластины. Дополнительно стоит отметить неудовлетворительную шероховатость поверхности после обработки.

В ходе проведенных испытаний выявлено преимущество использования режущего инструмента Скиф-М, поскольку с его применением обеспечивается вибрационная стойкость, производительность и стабильное удаление материала при пересечении стенок каналов охлаждения, при этом не вызываются негативные последствия в виде сколов и зазубрин на режущих кромках, достигается соответствующий требованиям класс шероховатости обработанных поверхностей, снижающий трудоемкость последующих слесарных операций зачистки. Период стойкости одной грани пластины составляет 80 минут, что является отличным результатом, учитывая, что на одной пластине круглого профиля 6 установочных позиций режущей кромки. Используемые режимы резания исключают образование наростов на режущей кромке, что позволяет выдерживать класс шероховатости по всей обработанной поверхности.

Необходимость усовершенствования управляющих программ для СЧПУ станка с целью оптимизации траекторий движения инструмента, реализована путем использования метода параметрического программирования, при котором система сама просчитывает траектории резания, опираясь на заданные параметры максимального погружения инструмента, глубину резания и зоны ограничения. При использовании такого метода обеспечивается точное послойное удаление материала с соблюдением равной величины удаляемого слоя, что препятствует возникновению внутренних напряжений в детали и обеспечивает выполнение требуемых размеров поверхностей с сохранением целостности микрогеометрии поверхностей. Для фрезерования угловых крепежных пазов в кольцах выгородки применен аналогичный метод построения режущих траекторий инструмента. Использование параметрического способа составления управляющих программ позволило оптимизировать нагрузку на режущий инструмент с увеличением периода стойкости, при этом повысить качество изготовления и сократить время проведения механических операций.

Итоговый результат сокращения трудоемкости механических операций фрезерования 54-х граней и угловых крепежных пазов составил 1460 норма-часов для четырех колец, входящих в состав одной выгородки.

Данная технология была внедрена в производство Филиала АО «АЭМ-технологии» «Атоммаш» в г. Волгодонск. Использование новой технологии обеспечивает повышение качества продукции за счет применения высокотехнологичного оборудования и режущего инструмента, оптимизации траекторий резания, с соблюдением параметров точности требуемых размеров, микрогеометрии и классов шероховатости поверхностей, повышает надежность и безопасность эксплуатации реакторной установки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евстифеев В.В. Обработка материалов резанием: методы, станки, инструменты: Учебное пособие / В.В. Евстифеев, М.С. Корытов. – Омск: СибАДИ, 2012. – 76 с.
2. Гузев В.И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением : справочник / В. И. Гузев, В. А. Батуев, И. В. Сурков ; под ред. В. И. Гузеева. - 2-изд. - Москва : Машиностроение, 2007. - 364,

# Problems of mechanical processing of parts of internal devices of VVER type reactors and ways to solve them

M.E. Zhidkov<sup>1</sup>, A.A. Moiseenko<sup>2</sup>, S.A. Tomilin<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Branch of JSC "AEM-technologies" "Atommash" Volgodonsk, Russia

<sup>3</sup>Volgodonsky Engineering and Technical Institute – branch of the NRU MEPHI, Volgodonsk, Russia

<sup>1</sup>zhidkov\_me@atommash.ru

<sup>2</sup>moiseenko\_aa@atommash.ru

<sup>3</sup>SATomilin@mephi.ru

**Abstract.** The paper considers the problems arising in the process of machining one of the most complex parts of the internal devices of the reactor plant. The ways of improving the technology of its manufacture are proposed, which make it possible to improve the quality of products, reliability and safety of operation of a nuclear reactor.

**Keywords:** technological process, mechanical processing, internal device, reactor plant, technological equipment, cutting tool.

УДК681.777: 539.164

## Impact of varying triangular mesh-hole collimator geometry with Ra-226 measurements in alpha spectrometry

P.A. Amoah<sup>1</sup>, M.S. Kuznetsov<sup>2</sup>, A.O. Semenov<sup>3</sup>

*National Research Tomsk Polytechnic University (TPU), School of Nuclear Science and Engineering,  
Tomsk – Russia*

<sup>1</sup>*email: amoah1@tpu.ru*

<sup>2</sup>*email: kms@tpu.ru*

<sup>3</sup>*email: [semenov\\_ao@tpu.ru](mailto:semenov_ao@tpu.ru)*

**Abstract.** This study analysed the impact of varying triangular mesh-hole collimator diameters with energy resolution of alpha particle propagation in alpha spectrometry. An Isotropic <sup>226</sup>Ra source was used along with collimator geometries of diameters, 2.5 mm, 4.0 mm, and 6.0 mm, all having a cell height of 10.0 mm. Without the use of the collimator, an average of  $31.72 \pm 0.55$  keV was recorded as the Full-Width at Half-Maximum (FWHM) from the spectrometer with the <sup>226</sup>Ra. The 2.5 mm mesh-hole collimator increased the resolution by a significant average difference of 21.0 %. The 4.0 mm mesh-hole collimator made a significant average increment of 15.3 %, and the 6.0 mm mesh-hole collimator increased the resolution by a significant average difference of 12.9 %. This study has provided valuable data adding up to the optimization with the use of alpha particle propagation through collimator geometries in alpha spectrometry. Though not as popular as other collimator geometries, the triangular mesh-hole collimator has produced sufficient data with the results from this study.

**Keywords:** Collimator, Energy resolution, Alpha spectrometry.

### 1. Introduction

The application of silicon detectors in alpha spectrometry is usually identified with active detection methods [1]. Quite a number of research have been focussed on improving the resolution of detectors within the field of alpha spectrometry over the past few years. One of the main challenges impeding the technological advancement with high resolution has been the mode of transport of alpha particles in several forms of media [2]. Also, it has been identified that the pressure in the vacuum chamber does have a significant impact on the resolution and peak properties [3]. Thus, a lower vacuum is ensured to reduce this effect [4]. Even though some forms of analytical equipment have been applied with alpha emitting radionuclides in the field [5], most analysis in alpha spectrometry are usually carried out in vacuum with radiochemically processed sources [6]. In radionuclide identification, the passivated planar detector is usually preferred [7]. When alpha particles lose a quantum of its energy, they create characteristic tailing in the alpha peak [8]. This is caused by interaction of alpha particles with air [9, 10]. The use of collimators then significantly reduces this challenge, making it easier to distinguish radionuclides [11]. Though the use of the collimator tends to reduce the detection efficiency, the beneficial outcome is relatively much more valuable [12]. As applied in this study, the use of a thin source as well does help to produce alpha spectra with outstanding energy resolution [13]. Optimization with the resolution is therefore assured with a lower vacuum chamber and the application of an improved geometry of the collimator [14].

### 2. Method

The detector construction system comprises a collimator made of Polyethylene terephthalate glycol (PETG), isotropic radiation source (<sup>226</sup>Ra) and a Passivated Implanted Planar Silicon (PIPS) alpha spectrometer system (model: A450 – 18AM) with a Genie 2000 software installed for analysis of the various spectra (data). The diameter of mesh-holes (cells) used for the collimators are of sizes; 2.5 mm, 4 mm, and 6 mm as shown in fig. 1.

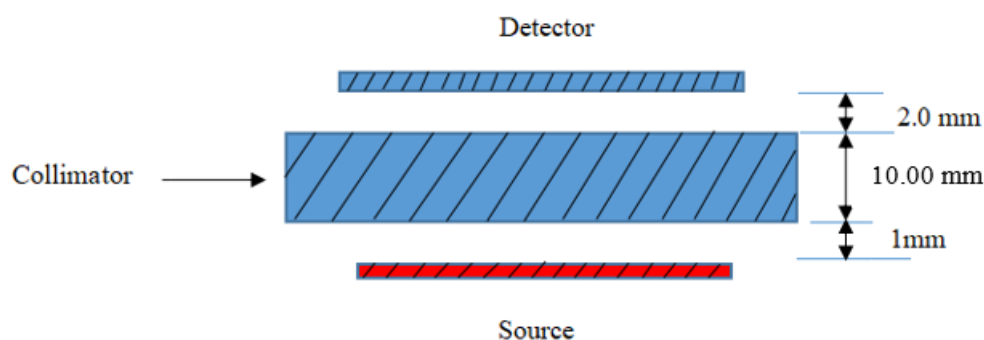


Figure 1 – Schematic diagram (experimental setup) of the alpha source with the collimator and detector

### 3. Results

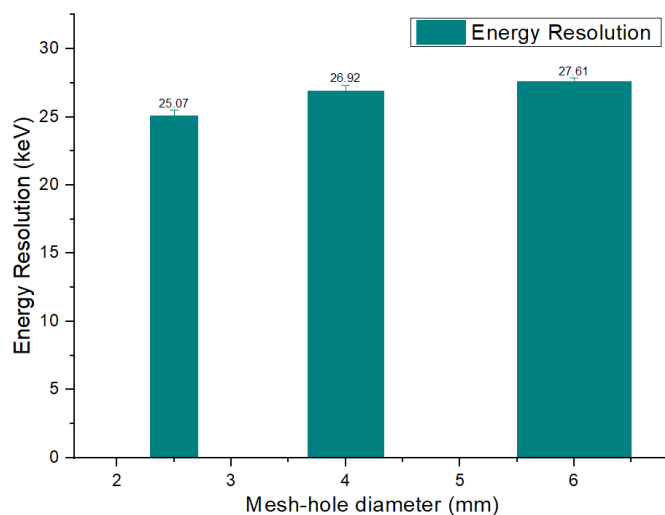


Figure 2 – Energy resolution values plotted against mesh-hole diameters of the triangular mesh-hole collimator

### 4. Discussion and Conclusion

The triangular mesh-hole collimator with the diameters; 2.5 mm, 4.0 mm, and 6.0 mm have produced impressive outputs with the  $^{226}\text{Ra}$  nuclide used in this study. Even though, the  $25.07 \pm 0.42$  keV energy resolution obtained with the 2.5 mm mesh-hole is identified to be the best value among the geometries, the compromise on the detection efficiency is well noting as well. It could be visualised in fig. 2 that the output variation of the energy resolution with the 4.0 mm and 6.0 mm mesh-holes are not as much as it is, relative to that of the 2.5 mm mesh-hole. Thus, with the effort being made to improve upon the energy resolution without over diminishing the detection efficiency, it could be estimated that the delivery with the 4.0 mm mesh-hole collimator produced the most adequate result compared to the 2.5 mm and 6.0 mm mesh-hole collimators.

#### REFERENCES

- 1 Bilski P., Marczevska B., Sankowska M., Gieszczyk W., and Mietelski J. W. Range-based method of alpha-particle spectrometry using LiF fluorescent nuclear track detectors. *Measurement*. 2020. 160, 1 (107837).
- 2 Pripachkin D. A., Aron D., Budyka A. K., and Husein N. Yu. Influence of the collimator on the characteristics of semiconductor alpha-spectrometers when measuring radioactive aerosols *Atomic Energy*. 2018. 125, 119-123.
- 3 Pollanen R., Perajarvi K., Siiskonen T., and Turunen J. High-resolution alpha spectrometry at ambient air pressure – Towards new applications. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*. 2012. 694, pp. 173-178.
- 4 Vainblat N., Pelled O., German U., Haquin G., Tshuva A., Alfassi Z. B. Determination of parameters relevant to alpha spectrometry when employing source coating. *Applied Radiation and Isotopes*. 2004. 61, pp. 307-311.
- 5 Hoffman I., Ungar K., Bean M., Pollanen R., Ihantola S., Toivonen H., Karhunen T., and Pelikan A. Direct alpha analysis for forensic samples (DAAFS): techniques, applications, and results. *Proceedings of the*

- Third European IRPA Congress, 14 – 18 June, Helsinki, Finland. Nordic Society for Radiation Protection. 2010. 2278, 195.
- 6 Pollanen R., Perajarvi K., Siiskonen T., and Turunen J. High-resolution alpha spectrometry at ambient air pressure – Towards new applications. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A. 2012. 694, 173-178.
  - 7 Schmitt N., Colas S., Saurel N., Bassignot F., Vuillemin B., and Groetz J. E. Detector-electrode for alpha spectrometry in water sample, numerical and early feasibility investigation toward thermocompression bonding assembly process. Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A. 2020. 953, 163270.
  - 8 Aluisio Reis Junior S., Temba Eliane S. C., Kastner Geraldo F., and Monteiro Roberto P. G. Separation and Activity Determination of  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  and Curium ( $^{242}$  and  $^{244}\text{Cm}$ ) in Evaporator Concentrate by Alpha Spectrometry. International Nuclear Atlantic Conference – INAC. November 24 – 29, 2013. 1-2.
  - 9 Sung S. H., Kim M. J., Kim H. R. Accuracy comparison of fitting function applied to air-borne alpha detection spectrum. Progress in Nuclear Energy. 2021. 136.
  - 10 Bortels G., Collaers P. Analytical function for fitting peaks in alpha-particle spectra from Si detectors. International Journal of Radiation Applications and Instrumentation. Part A. Applied Radiation and Isotopes. 1987. 38, 831 – 837.
  - 11 Degrelle D., Venara J., Mosbah Ben M., Cuzzo M., and Serrano R. Design by numerical simulation of an in situ alpha spectrometer operating at ambient air pressure. EPJ Web of Conferences. 2020. 225.
  - 12 Kim J. M., Sung S. H., and Kim H. R. Spectral resolution evaluation by MCNP simulation for airborne alpha detection system with a collimator. Nuclear Engineering and Technology. 2020. 53. <https://doi.org/10.1016/j.net.2020.09.009>.
  - 13 Phong T. H. N., Thang N. V., Hao C. L. Efficiency response of an aged PIPS detector used in high-resolution alpha-particle spectrometry. Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A. 2018. 908, pp. 128-135.
  - 14 Pollanen R., and Siiskonen T. High-resolution alpha spectrometry under field conditions – fast identification of alpha particle emitting radionuclides from air samples. Journal of Environmental Radioactivity. 2006. 87, pp. 279-288.

УДК 681.78

## Цифровой оптико-электронный прибор контроля геометрических параметров обечаек

Р.Г. Атаманюк<sup>1</sup>, Д.А. Зиновьев<sup>2</sup>

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия

<sup>1</sup>e-mail: [atamanuk@gmail.com](mailto:atamanuk@gmail.com); <sup>2</sup>e-mail: [dinas10101@gmail.com](mailto:dinas10101@gmail.com)

**Аннотация.** В статье представлен интеллектуальный оптико-электронный измерительный прибор контроля обечаек. Технологический допуск на диаметр обечайки составляет 1%, но существующие средства контроля не обеспечивают необходимой точности. Для контроля размеров обечайки разработан оптико-электронный измерительный прибор, содержащий микроконтроллер, измерительные преобразователи углового положения кромки детали относительно оптической оси, ее температуры и расстояния от прибора до детали. В качестве преобразователя положения кромки детали используется цифровая камера. Оптико-электронный прибор осуществляет измерение отклонения диаметра от номинального размера и температуры детали, а результат измерения приводится к нормальным температурным условиям.

**Ключевые слова:** контроль крупногабаритных деталей, оптико-электронные приборы, пирометры, микроконтроллеры, дальномеры.

Обечайка – основная деталь нефтехимического и энергетического оборудования, изготавливаемая из листового материала на листогибочном оборудовании.

На большинстве предприятий листогибочное оборудование не обладает современными системами контроля формы поперечного сечения обечаек. Обечайки предварительно нагреваются до 1000°C перед формообразованием, но они остывают до допустимой температуры 600°C, что требует оперативного контроля и ограничивает время процесса. Разработка и внедрение современных средств контроля геометрических

параметров обечаек является актуальной задачей для машиностроения. Оптические приборы для измерения диаметров крупногабаритных деталей [1-2] используют угловой бесцентровый метод измерения. Эти приборы [1-2] содержат угловые блоки с оптическими преобразователями для измерения углового положения кромки детали. Однако, при остывании детали ее температурная деформация может привести к погрешностям измерений. Для решения этой проблемы применяются микроконтроллеры, которые являются основным блоком измерительных приборов [3-4]. Таким образом, внедрение микроконтроллера позволяет решить недостатки известных приборов [1-2].

Первым этапом проектирования таких приборов и систем является выбор оптической схемы измерения с минимальной методической погрешностью, которая определяет уравнение. Оно связывающее угловое смещение касательной оптического луча с отклонением размера  $\Delta R$  от номинального  $R$  и координатами измерительного преобразователя.

$$\Delta\psi = f(\Delta R, R, x_1, y_1, z_1), \quad (1)$$

где,  $x_1, y_1, z_1$ - координаты измерительного преобразователя.

*Геометрическое моделирование оптических схем с преобразованиями формы.*

В результате измерения обечаек должен быть определен внутренний размер детали, приведенный к нормальной температуре. Поэтому, при учете толщины листового материала и температурной деформации, уравнение измерения примет следующий вид:

$$R = \frac{L \sin \psi + H \cos \psi}{(1 + \cos \psi)(1 + \alpha \Delta \Theta)} - h, \quad (2)$$

где  $h$ - толщина листового материала;  $\alpha$  - коэффициент линейного расширения материала детали;  $\Delta \Theta$  - разность температур обечайки и окружающей среды.

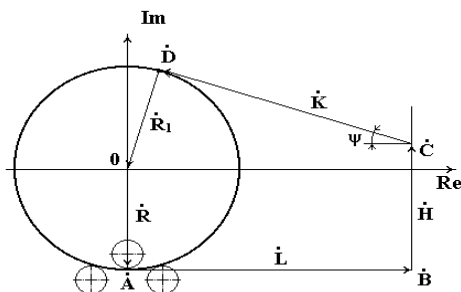


Рисунок 1 – Бесцентровая схема измерения диаметров обечайки

Механическая конструкция опико-электронного измерительного прибора для контроля размеров и формы поперечного сечения обечайки 1 в процессе ее формообразования с помощью валков 2 листогибочной машины изображена на рисунке 2.

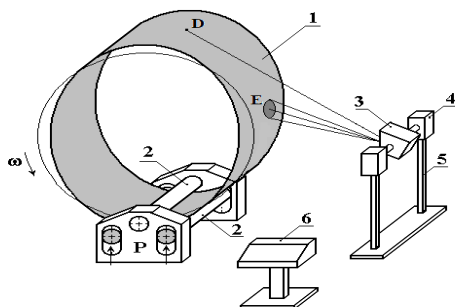


Рисунок 2 – Конструкция измерительного прибора контроля обечаек



Формообразование обечайки осуществляется в процессе ее вращения в валках и перемещением на заданный радиус кривизны двух нижних валков с усилием  $P$ .

Оптико-электронный прибор (рис.3) содержит блок из трех измерительных преобразователей, расположенных в корпусе 3, при этом есть возможность поворота в вертикальной плоскости с помощью сервопривода 4, закрепленного на стойках 5. Органы управления и устройства отображения информации расположены в пульте управления 6. Преобразователь положения кромки детали  $\Delta\Psi$  относительно оптической оси объектива ИП<sub>1</sub> представляет собой цифровую камеру. В блоке измерительных преобразователей 3 установлены также пирометр ИП<sub>2</sub> для измерения температуры детали  $\Theta$  и лазерный дальномер ИП<sub>3</sub>, определяющий расстояние  $S$  от пирометра до детали. Выходы преобразователей ИП<sub>1</sub>– ИП<sub>3</sub> подключены через коммутатор  $K_1$  входу микроконтроллера МК, а к выходу подключены через коммутатор  $K_2$  устройства отображения информации: отклонение диаметра детали от номинального  $\Delta D$  – ОИ<sub>1</sub>, температуры детали  $\Theta$  – ОИ<sub>2</sub> и исполнительный механизм ИМ – сервопривод, для установки цифровой камеры на угол  $\Psi$ , соответствующий номинальному размеру детали. На вход МК вводятся исходные данные для расчетов: номинальный размер диаметра детали  $D_n$ , толщина листового материала  $h$ , коэффициент линейного температурного расширения материала детали  $\alpha$  и коэффициент излучательной способности поверхности материала  $\epsilon$ .

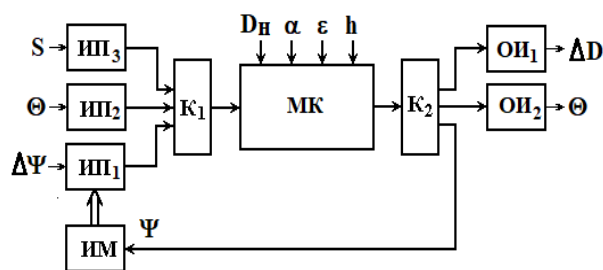


Рисунок 3 – Блок-схема измерительного прибора контроля обечайки

Перед измерением устанавливается блок измерительных преобразователей 3 с помощью сервопривода 4 в угловое положение номинального размера обечайки. Микроконтроллер вычисляет угол по исходным данным выражению (7). В процессе формообразования обечайка нагретая до 1000°C вращается в валках листогибочной машины, а цифровая камера ИП<sub>1</sub> регистрирует угловое отклонение проекции границы детали. Пирометр ИП<sub>2</sub> регистрирует температуру детали для поправки на размер при остывании и определения окончания процесса формообразования (до 600°C).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент № 2181190, МПК G01B 21/10, 10.04.2002.
2. П.м. №171730, МПК G01B 11/08, 29.12.2016.
3. Джексон Р.Г. Новейшие датчики. – М.: Техносфера, 2007. – 384 с.
4. Войтович И.Д. Интеллектуальные сенсоры: Учебное пособие / И.Д. Войтович, В.М. Корсунский. - М.: Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 624 с.
5. Шилин А.Н. Исследование методических погрешностей оптико-электронных информационно-измерительных систем управления производством обечайки // Измерительная техника. – 1989. – № 10. – С. 8-10.

### Intelligent optoelectronic measuring device for monitoring shells

D.A.Zinoviev <sup>1</sup>, R.G.Atamanyuk <sup>2</sup>

Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

<sup>1</sup>e-mail: [atamanuk@gmail.com](mailto:atamanuk@gmail.com)

<sup>2</sup>e-mail: [dinas10101@gmail.com](mailto:dinas10101@gmail.com)

**Abstract.** The article presents an intelligent optical-electronic measuring device for the control of shells. The technological tolerance for the diameter of the shell is 1%, but the existing means of control do not provide the necessary accuracy. An optical-electronic measuring device has been developed to control the size of the shell, which contains a microcontroller, measuring transducers of the angular position of the part edge relative to the optical axis, its temperature and the distance from the device to the part. A digital camera is used as a transducer of the part's edge position. The opto-electronic device measures the deviation of the diameter from the nominal size and the temperature of the part, and the measurement result is converted to normal temperature conditions.

**Keywords:** control of large-sized parts, optoelectronic devices, pyrometers, microcontrollers, range finders.

УДК 621.039.5: 534

## Разработка методики расчета акустических характеристик компенсатора давления ВВЭР

К.Н. Проскуряков<sup>1</sup>, Р.М. Исмаил<sup>2</sup>, К.А. Яковлев<sup>3</sup>, И.Н. Пирогов<sup>4</sup>, Н.И. Сиваков<sup>5</sup>

*Национальный исследовательский институт Московский энергетический институт, Москва, Россия*

<sup>1</sup>*e-mail:* [proskuriakovkn@mpei.ru](mailto:proskuriakovkn@mpei.ru)

<sup>2</sup>*e-mail:* [IsmailIK@mpei.ru](mailto:IsmailIK@mpei.ru)

<sup>3</sup>*e-mail:* [YakovlevKA@mpei.ru](mailto:YakovlevKA@mpei.ru)

<sup>4</sup>*e-mail:* [PirogovIN@mpei.ru](mailto:PirogovIN@mpei.ru)

<sup>5</sup>*e-mail:* [SIvakovNI@mpei.ru](mailto:SIvakovNI@mpei.ru)

**Аннотация.** Экспериментально доказано, что главной причиной возбуждения вибраций оборудования и внутрикорпусных устройств главного циркуляционного контура (ГЦК) являются акустические стоячие волны (АСВ) и главные циркуляционные насосы (ГЦН). Использование междисциплинарного подхода позволило создать цифровую акустическую модель системы компенсации давления (КД) с присоединёнными к нему трубопроводами и доказать, что он представляет собой автоколебательную систему, способную генерировать акустические стоячие волны (АСВ) подобно одновременному функционированию нескольких резонаторов Гельмгольца. Каждый резонатор Гельмгольца в КД способен подавить определенную частоту АСВ, генерируемых реактором, которая зависит от температуры теплоносителя. Разработано и верифицирована технология, преимуществом которой является использование КД, для демпфирования АСВ, частоты которых попадают в полосу пропускания вибрации конструктивных элементов первого контура. Приведено расчетно- экспериментальное доказательство ранее неизвестной способности КД подавлять в широком диапазоне частот АСВ генерируемые реактором.

**Ключевые слова:** система компенсации давления, демпфирование АСВ, системный анализ, АСПМ пульсаций давления.

Известно, что потоки рабочей жидкости вызывают механические колебания и вибрации оборудования и его элементов [1,2]. Пульсации теплоносителя являются одним из основных факторов, определяющих динамические нагрузки на оборудование, его ресурс и надежность]. Наиболее опасно резонансное взаимодействие колебаний оборудования с акустическими стоячими волнами (АСВ), возникающими в теплоносителе. При этом повышение эффективности и срока службы основного оборудования, а также работа энергоустановок в маневренных режимах относятся к числу приоритетных требований к атомным электростанциям (АЭС) нового поколения [3]. КД – это вертикальный цилиндрический сосуд  $H = 11800$  мм,  $D = 3$  м,  $V_{\text{КД}} = 79$  м<sup>3</sup>,  $V_{\text{воды}} = 55$  м<sup>3</sup>. Паровая часть КД находится при  $t_s$ , температура создается и поддерживается от встроенных ТЭН ( $\Sigma N_{\text{ТЭН}} = 2520$  кВт). КД соединен с «горячей» ниткой третьей петли главного циркуляционного контура трубопроводом диаметром 426 мм, не имеющем арматуры [10]. Через него осуществляется переток теплоносителя из первого контура в КД.

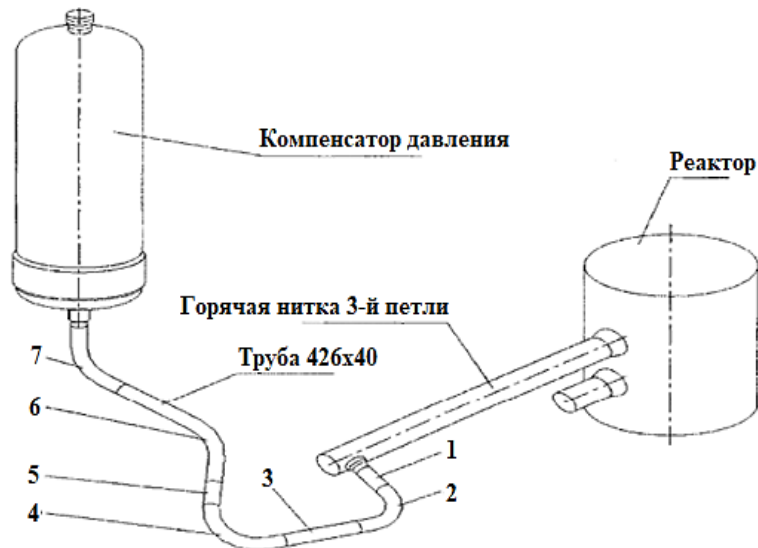


Рисунок 1 – Схема соединительного трубопровода КД и горячей нитки третьей петли

Определение собственных частот колебаний давления теплоносителя (СЧКДТ) по формуле Томсона (1) основано на методе электроакустической аналогии [3]. Акустическая податливость КД и акустическая масса различных сочетаний подключаемых к нему трубопроводов позволяют рассчитать СЧКДТ, в рассматриваемой системе, по формуле, представленной в виде акустических аналогов индуктивности и емкости (1):

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{mC}}, \quad (1)$$

где  $f_0$  - расчетное значение СЧКДТ, Гц;

$m$  - сумма акустической массы системы, состоящей из акустических масс (акустической массой теплоносителя внутри КД пренебрегаем) подсоединенных к ней трубопроводов, кг/м<sup>4</sup>, и ее расчет производится по формулам (2) и (3), а акустическая податливость рассчитывается по формуле (4),

$C$  - акустическая податливость среды, м<sup>4</sup>·с<sup>2</sup>/кг.

$$m = \frac{\rho \cdot L}{S} \quad (2)$$

$$\frac{1}{m_n} = \sum_i^n \frac{1}{m_i} \quad (3)$$

$$C = \frac{L \cdot S}{\rho \cdot a^2} \quad (4)$$

где  $a$  – средняя скорость звука, рассчитанная по формуле (5)

$L$ – длина;

$S$ – площадь поперечного сечения;

$\rho$ – плотность среды.

$$a = \frac{1}{\sqrt{\rho \cdot \left( \frac{D}{E_m \cdot \delta} + \frac{1}{\rho \cdot c^2} \right)}}, \quad (5)$$

где  $D$ – диаметр;

$E_m$  – объемный модуль упругости материала,

$\delta$  – толщина стенки,

$c$  – скорость звука в среде.

В [4] приведена автоспектральные плотности мощности (АСПМ) пульсаций давления теплоносителя показанная на рисунке 2.

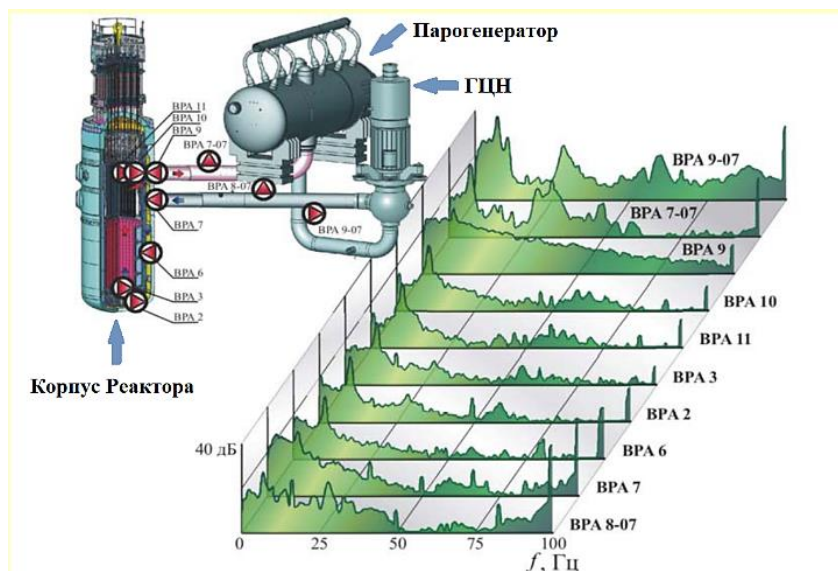


Рисунок 2 – Автоспектральные плотности мощности (АСПМ) пульсаций давления теплоносителя

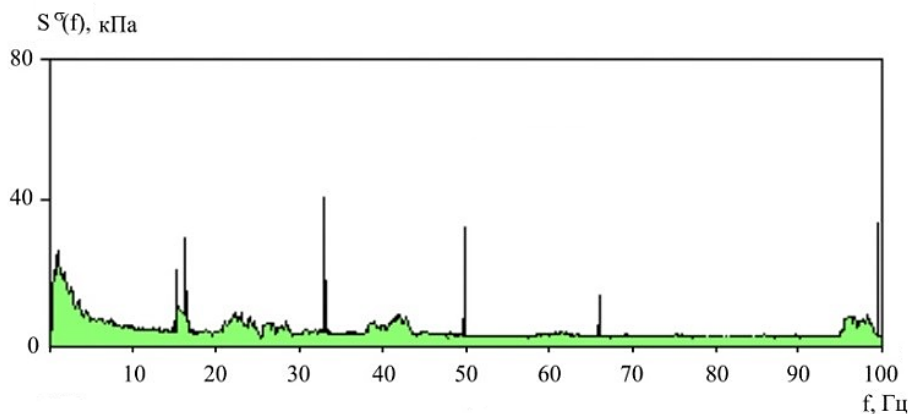


Рисунок 3 – Спектрограмма динамических напряжений в шахте реактора на блоке 1 Балаковской АЭС

В таблице представлены размеры и акустические параметры в номинальном режиме системы резонаторов Гельмгольца, образованных КД ВВЭР1000 и соединительным трубопроводом с горячей ниткой петли 3, рассчитанные по методике [3].

Таблица 1 – Акустические параметры в системе резонаторов Гельмгольца, образованных КД ВВЭР1000 и соединительным трубопроводом при давлении 16,0 Мпа, температура на входе 289 °С, на выходе 322 °С

Резонатор Гельмгольца	Длина, м	Диаметр, м	Толщина стенки, м	Плотность, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Скорость звука, $\frac{\text{м}}{\text{с}}$	$m, \frac{\text{кг}}{\text{м}^4}$	$C, \frac{\text{м}^4 \cdot \text{с}^2}{\text{кг}}$	$f_0, \text{Гц}$
Участок 1 трубопровода	1,253	0,426	0,02	676,3	834,8	7241	3,2E-10	103
Участок 2 трубопровода	3,069	0,426	0,02	676,3	834,8	17736	7,9E-10	42
Участок 3 трубопровода	1,065	0,426	0,02	676,3	834,8	6154	2,7E-10	122
Участок 4 трубопровода	3,8697	0,426	0,02	676,3	834,8	22364	1E-09	33
Участки трубопровода 5+6+7	2,3	0,426	0,02	676,3	834,8	57003	2,6E-10	40
	3,8835							
	3,6799							
КД вода	9,167	3	0,165	585	597,7	758	3,1E-07	10
КД пар	3,833	3	0,165	107,4	429,2	58	1,3E-06	17
КД корпус	13	3	0,165	-	-	816	1,6E-06	4
Система (КД и трубопровод)	-	-	-	-	-	111317	7,8E-11	53

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Махутов, Н.А. Динамика и прочность водо-водяных энергетических реакторов / Н.А. Махутов, Ю.Г. Драгунов, К.В. Фролов и др. – Москва : Наука, 2004. – 440 с.
2. Аркадов, Г.В. Виброшумовая диагностика ВВЭР / Г.В. Аркадов, В.И. Павелко, А.И. Усанов; под ред. А.А. Абагына. – Москва : Энергоатомиздат, 2004. – 344 с.
3. Проскуряков, К.Н. Цифровая акустическая модель водо-водяного энергетического реактора / К.Н. Проскуряков // Теплоэнергетика. – 2021. – № 9. – с. 14–20.
4. Исследование вибронпряженного состояния внутриреакторного оборудования ВВЭР-1000 при вводе в эксплуатацию энергоблока №2 Ростовской АЭС / А.А. Аникин, В.У. Хайретдинов // 12-я научно-техническая конференция молодых специалистов ОКБ «ГИДРОПРЕСС». – 2010. – секция № 1.

### Development of a digital acoustic model of the NPP pressurizer

**K.N. Proskuryakov<sup>1</sup>, R.M. Ismail<sup>2</sup>, K.A. Yakovlev<sup>3</sup>, I.N. Pirogov<sup>4</sup>, N.I. Sivakov<sup>5</sup>**

*National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow, Russia*

<sup>1</sup>*e-mail: [proskuriakovkn@mpei.ru](mailto:proskuriakovkn@mpei.ru)*

<sup>2</sup>*e-mail: [IsmailIK@mpei.ru](mailto:IsmailIK@mpei.ru)*

<sup>3</sup>*e-mail: [YakovlevKA@mpei.ru](mailto:YakovlevKA@mpei.ru)*

<sup>4</sup>*e-mail: [PirogovIN@mpei.ru](mailto:PirogovIN@mpei.ru)*

<sup>5</sup>*e-mail: [SIvakovNI@mpei.ru](mailto:SIvakovNI@mpei.ru)*

**Abstract.** It has been experimentally proven that acoustic standing waves (ASW) and main circulation pumps (MCPs) are the main cause of vibration excitation of equipment and internals of the main circulation circuit (MCC). The use of an interdisciplinary approach made it possible to create a digital acoustic model of a pressure compensation system with pipelines attached to it and prove that it is a self-oscillating system capable of generating acoustic standing waves (ASW) similar to the simultaneous operation of several Helmholtz resonators. Each Helmholtz resonator in the pressurizer is capable of suppressing a certain frequency of ASW generated by the reactor, which depends on the temperature of the coolant. A technology has been developed and verified, the advantage of which is the use of the pressurizer, for damping ASW, the frequencies of which fall within the vibration bandwidth of the primary circuit structural elements. A computational and experimental proof of the previously unknown ability of the pressurizer to suppress ASW generated by the reactor in a wide frequency range is given.

**Keywords:** pressure compensation system, ASW damping, system analysis, pressure pulsation ASPD.

УДК 004.75: 004.94

### Разработка имитационной модели модульной информационно-измерительной системы на базе интерфейса CAN FD

**В.И. Лачин, Д.А. Плотников<sup>1</sup>, А.С. Муженко<sup>2</sup>, В.Б. Дьяченко, Н.В. Рарова**

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)*

*имени М.И. Платова, Новочеркасск, Россия*

<sup>1</sup>*e-mail: [dpl68@mail.ru](mailto:dpl68@mail.ru)*

<sup>2</sup>*e-mail: [muzhenko97@mail.ru](mailto:muzhenko97@mail.ru)*

**Аннотация.** В работе приведена модульная структура контроллера на базе интерфейса CAN FD, представляющего собой информационно-измерительную и управляющую систему и используемого при автоматизации электроэнергетических подстанций. Определены службы, реализуемые протоколом сетевого взаимодействия модулей. Обоснованно создание имитационной модели, позволяющей оценить нагрузку сети на ранних этапах проектирования систем. Определены основные функции, выполняемые верхним и нижним уровнями модели, приведено их описание. Описан обобщенный алгоритм функционирования модели.

**Ключевые слова:** структура контроллера, модульная структура, информационно-измерительная система, управляющая система, проектирование информационно-измерительных систем, интенсивность потоков сообщений, нагрузка сети, имитационная модель, взаимодействие модулей.

Анализ типовых схем электроэнергетических подстанций [1] показывает, что в зависимости от установленного оборудования требования к информационной ёмкости контроллеров, используемых при их автоматизации, изменяются в весьма широких пределах. Контроллер, разработанный авторами, представляет собой модульную информационно-измерительную и управляющую микропроцессорную систему (ИИУС), легко адаптируемую к конкретным условиям эксплуатации путём установки необходимых модулей ввода-вывода (рис. 1). Для взаимодействия модулей ИИУС был выбран быстродействующий, высоконадёжный и недорогой в реализации шинный интерфейс CAN FD [2].

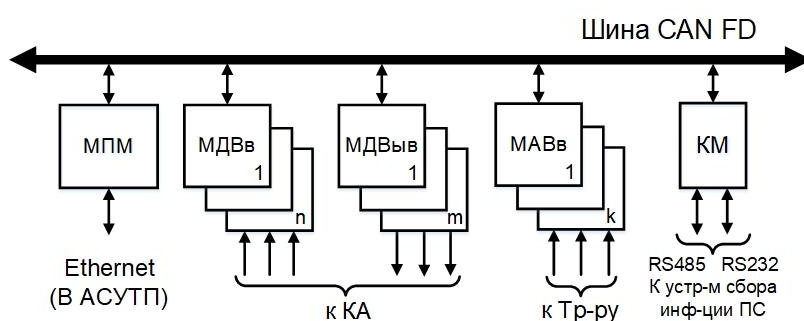


Рисунок 1 – Модульная структура ИИУС на базе интерфейса CAN FD  
 МПМ – микропроцессорный модуль; МДВв – модуль дискретного ввода;  
 МДВыв – модуль дискретного вывода; МАНв – модуль аналогового ввода;  
 КМ – коммутационный модуль; КА – коммутационный аппарат;  
 АСУТП – автоматизированная система управления технологическим процессом.

Протокол сетевого взаимодействия модулей реализует следующие службы:

- 1) Служба синхронизации. Микропроцессорный модуль (МПМ) периодически выдает синхронизирующее сообщение для координации работы всех остальных модулей.
- 2) Служба передачи данных. Модули передают информацию о своем текущем состоянии и о состоянии входных сигналов. Передача выполняется в ответ на каждое  $n$ -е сообщение синхронизации ( $n \in \{0, 1, 2, \dots\}$ ) либо асинхронно при возникновении события-триггера.
- 3) Служба контроля наличия и исправности модуля (КНИМ). Каждый модуль ввода-вывода с определенной периодичностью отправляет сообщения о своём состоянии, а МПМ принимает и анализирует их, формируя признаки наличия и исправности каждого модуля.

Таким образом, в процессе взаимодействия модулей каждый из них направляет в сеть передачи данных потоки сообщений с интенсивностями  $\lambda_i$ , а сеть обрабатывает, то есть передаёт эти сообщения с интенсивностью  $\mu$ . Отношение суммарной интенсивности потоков сообщений к интенсивности их передачи называется нагрузкой сети и вычисляется по формуле (1):

$$y = \frac{1}{\mu} \sum_{i=1}^N \lambda_i. \quad (1)$$

Если в результате добавления модулей или изменения параметров их настройки нагрузка станет больше единицы, то низкоприоритетные сообщения могут достаточно долго находиться в очереди передачи и будут либо доставлены с опозданием, либо не доставлены вообще, что приведёт к неправильной работе ИИУС. Следовательно, возникает задача оценки нагрузки сети на как можно более ранних этапах проектирования системы, которая решена авторами путём разработки имитационной модели [3] ИИУС.



Имитационная модель для исследования межмодульного взаимодействия имеет иерархическую структуру (рис. 2) и состоит из необходимого количества модулей верхнего уровня (рис. 3) и модели сети передачи данных.



Рисунок 2 – Имитационная модель модульной ИИУС

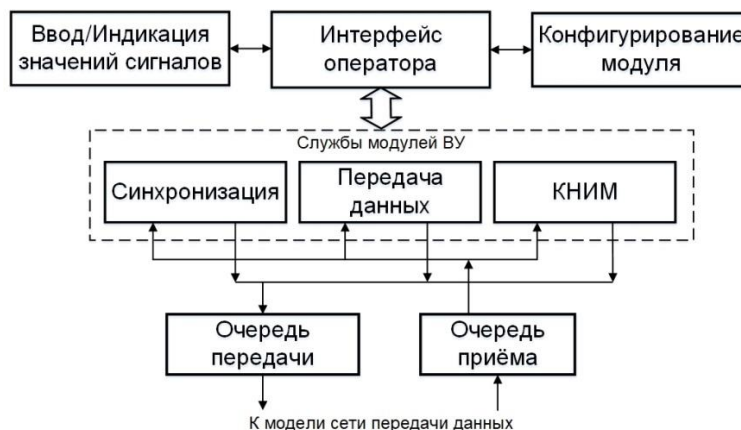


Рисунок 3 – Модель модуля верхнего уровня

Модели модулей верхнего уровня выполняют следующие функции:

1) Микропроцессорный модуль. С точки зрения сетевого взаимодействия, его функцией является только формирование сообщений синхронизации. Параметрами модели этого модуля являются период передачи сообщений и их идентификатор.

2) Модуль дискретного ввода. Анализирует введенные оператором или считанные из файла состояния входных дискретных сигналов, выявляет их изменения и информирует об этом МПМ путём передачи сообщений. Кроме того, формирует сообщения службы КНИМ. Параметрами модели являются идентификатор сообщения данных и режим его передачи (синхронный и/или асинхронный, период отправки синхронных сообщений), а также идентификатор и период передачи сообщений службы КНИМ.

3) Модуль аналогового ввода. Анализирует введенные оператором или считанные из файла значения входных аналоговых сигналов, выявляет их отклонения от текущего уровня более, чем на заданную величину, и информирует об этом МПМ. Параметры модели аналогичны модулю дискретного ввода, дополнительно задаётся величина отклонения, в случае превышения которой формируется асинхронное сообщение данных.

4) Модуль дискретного вывода. При работе ИИУС этот модуль получает от МПМ команды на изменение состояния выходных сигналов. Такие команды подаются сравнительно редко и существенного влияния на сетевое взаимодействие не оказывают, поэтому модель модуля формирует лишь сообщения службы КНИМ.

Модель сети передачи данных организует очередь сообщений, полученных от модулей, выбирает из них наиболее приоритетное и имитирует его передачу с учётом времени доставки, вычисленного по разработанной авторами методике. По окончании передачи модули верхнего уровня информируются о поступлении к ним очередного сообщения и реагируют на это событие в соответствии с логикой их работы.

В результате работы модели ИИУС создаётся массив данных, содержащий для каждого сообщения информацию о модуле-источнике, о времени постановки в очередь, времени начала передачи и длительности передачи. На основании этих сведений можно



вычислить нагрузку сети в течение заданного интервала времени, выявить факты недопустимой задержки при отправке отдельных сообщений и скорректировать параметры настройки модулей для обеспечения надёжного сетевого взаимодействия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТО 56947007-29.240.30.010-2008. Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 КВ. Типовые решения. – URL: <https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/56947007-29.240.30.010-2008.pdf> (дата обращения: 05.05.2023). – Текст: электронный.
2. CAN with Flexible Data-Rate; Version 1.1. Aug.2011 / Robert Bosch GmbH. – URL: [https://www.semiconductors.bosch.de/media/pdf/.../canliteratur/can\\_fd.pdf](https://www.semiconductors.bosch.de/media/pdf/.../canliteratur/can_fd.pdf) (accessed: 02/25/2023).
3. Wehrle K., Günes M., Gross J. Modeling and Tools for Network Simulation // Springer, Berlin, Heidelberg – 2010. – 545p. doi: 10.1007/978-3-642-12331-3

### Development of a simulation model of a modular information measuring system based on the CAN FD interface

V.I. Lachin, D.A. Plotnikov<sup>1</sup>, A.S. Mushenko<sup>2</sup>, V.B. Dyachenko, N.V. Rarova

*Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia*

<sup>1</sup>*e-mail: [dpl68@mail.ru](mailto:dpl68@mail.ru)*

<sup>2</sup>*e-mail: [muzhenko97@mail.ru](mailto:muzhenko97@mail.ru)*

**Abstract.** The paper presents the modular structure of the controller based on the CAN FD interface, which is an information-measuring and control system, and is used in the automation of electric power substations. The services implemented by the module networking protocol are defined. It is reasonable to create a simulation model that allows you to assess the network load at the early stages of system design. The main functions performed by the upper level of the model are defined and their description is given. A simplified description of the principle of operation of the model is given.

**Keywords:** controller structure, modular structure, information and measurement system, control system, design of information and measurement systems, intensity of message flows, network load, simulation model, interaction of modules, top-level modules.

УДК 681.5.075

### Система представления технологических параметров как средство подготовки исходных данных для работы полномасштабного тренажёра

В.М. Попов<sup>1</sup>, А.Ю. Злобин<sup>2</sup>, П.В. Поваров<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>*Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция»,  
Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

<sup>3</sup>*Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

<sup>1</sup>*e-mail: [popov-vm@vdpnp.rosenergoatom.ru](mailto:popov-vm@vdpnp.rosenergoatom.ru)*

<sup>2</sup>*e-mail: [zlobin-au@vdpnp.rosenergoatom.ru](mailto:zlobin-au@vdpnp.rosenergoatom.ru)*

<sup>3</sup>*e-mail: [nii\\_energomash@mail.ru](mailto:nii_energomash@mail.ru)*

**Аннотация.** Статья посвящена опыту использования Системы представления технологических параметров для повышения эффективности эксплуатации полномасштабного тренажёра учебно-тренировочного подразделения Ростовской АЭС. Важнейшей ценностью такой системы является наличие средств анализа архива технологических параметров, который ведётся на энергоблоках с начала пусконаладочных работ, а также средств визуализации технологического процесса в формах, применяемых на АЭС.

**Ключевые слова:** Технологические параметры, технологические нарушения эксплуатации, режимы работы оборудования, архив технологических параметров, анализ архивных данных.

Система представления технологических параметров (СПТП) создавалась на Ростовской АЭС как средство мониторинга состояния оборудования энергоблоков на этапе пусконаладочных работ, предназначенное для руководства АЭС и основных цехов.

В 2001 г. на энергоблоке №1 была создана Система Передачи Данных (СПД) от информационно-вычислительной системы «Комплекс Титан-2» в локальную вычислительную сеть АЭС и в кризисный центр концерна «Росэнергоатом» (КЦ РЭА).

Помимо СПД был разработан и включен в состав СПТП комплекс программ по отображению текущих значений технологических параметров, а также по ведению и обработке архивной информации [1]. Эти программы включают мнемосхемы, формы отображения трендов и таблиц заданных параметров, возможности построения графиков, экспорта данных, сервисные и пользовательские функции.

Пользователями СПТП на первом этапе были:

- руководство АЭС;
- дежурные инженеры кризисных центров;
- члены экспертных групп и технические наблюдатели.

Когда 7 ноября 2003 г. энергоблок №1 был отключен автоматической защитой, благодаря наличию СПТП необходимая информация была оперативно подготовлена и передана для анализа в КЦ РЭА и центры технической поддержки (ЦТП). Анализ графиков расхолаживания позволил группе инженерной поддержки в кратчайшие сроки принять решение о пуске энергоблока без проведения дополнительных процедур контроля [2].

В 2007 г. была обеспечена передача и представление технологических данных, моделируемых на полномасштабном тренажёре (ПМТ). Благодаря этому в 2008 г. успешно проведены комплексные противоаварийные учения с участием группы оказания экстренной помощи атомным станциям (ОПАС), ЦТП, МЧС, органов власти, Минобороны, иностранных наблюдателей.

Накопленный положительный опыт получил своё продолжение в 2009 г., когда на этапах холодной обкатки оборудования и загрузки топлива для сопровождения пусконаладочных работ была обеспечена передача в СПТП технологических параметров от энергоблока №2 Ростовской АЭС. Это позволило максимально эффективно использовать информацию о технологических процессах на рабочих местах руководства и технических специалистов основных цехов АЭС.

С 2010 г. СПТП активно применяется для анализа накопленных архивных данных энергоблоков Ростовской АЭС, служит полигоном для отработки технологий обработки и представления технологической информации. Возможности СПТП позволяют после предварительной подготовки анализировать также архивы технологических параметров, полученные от других АЭС (рис. 1).

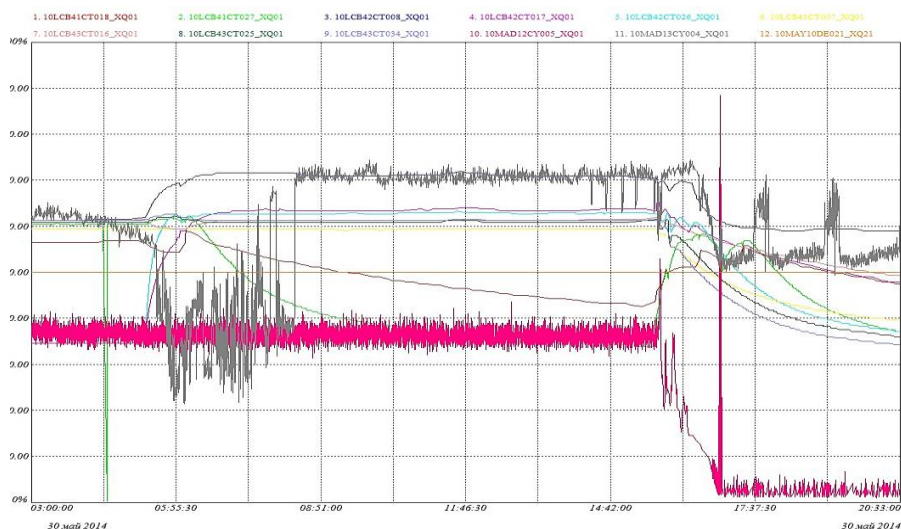


Рисунок 1 – Анализ архива событий 30.05.2014 на энергоблоке АЭС «Куданкулам»

Рабочие места учебно-тренировочного подразделения Ростовской АЭС, оснащенные СПТП с возможностью анализа архивов технологических параметров энергоблоков, активно используются для подготовки занятий на ПМТ энергоблоков №1,2 (первой очереди) и №3,4 (второй очереди) Ростовской АЭС [3]. Доступ к архивам параметров, сформированным при технологических нарушениях эксплуатации (ТНЭ), позволяет сотрудникам УТП изучать протекание технологического процесса с точки зрения его отличия от «эталонного», выявлять тенденции и закономерности в работе технологических систем, или отдельных единиц оборудования. Возможности СПТП по анализу архивов технологических параметров применяются в УТП при формировании планов занятий и организации тренировок оперативного персонала АЭС на ПМТ и позволяют исключить повторение имевших место ТНЭ [4].

Применение математического моделирования и численных методов позволяет формировать и обрабатывать на ПМТ расчетные диагностические признаки, соответствующие определенным переходным процессам, алгоритмы, способные выявлять развитие нежелательных трендов и тенденций на ранней стадии, моделировать и прогнозировать инциденты, влияющие на безопасность и выработку электроэнергии.

Наиболее интересны и перспективны следующие направления использования СПТП:

- автоматизация процессов управления ресурсными характеристиками и надёжностью оборудования;
- выявление и формирование расчетных диагностических признаков на основе изучения имевших место и зафиксированных в архиве нарушений в работе АЭС;
- формирование проактивных процедур, позволяющих исключить имевшие место нарушения в работе АЭС.

Схема использования архивных данных СПТП для подготовки занятий на ПМТ представлена на рисунке 2.

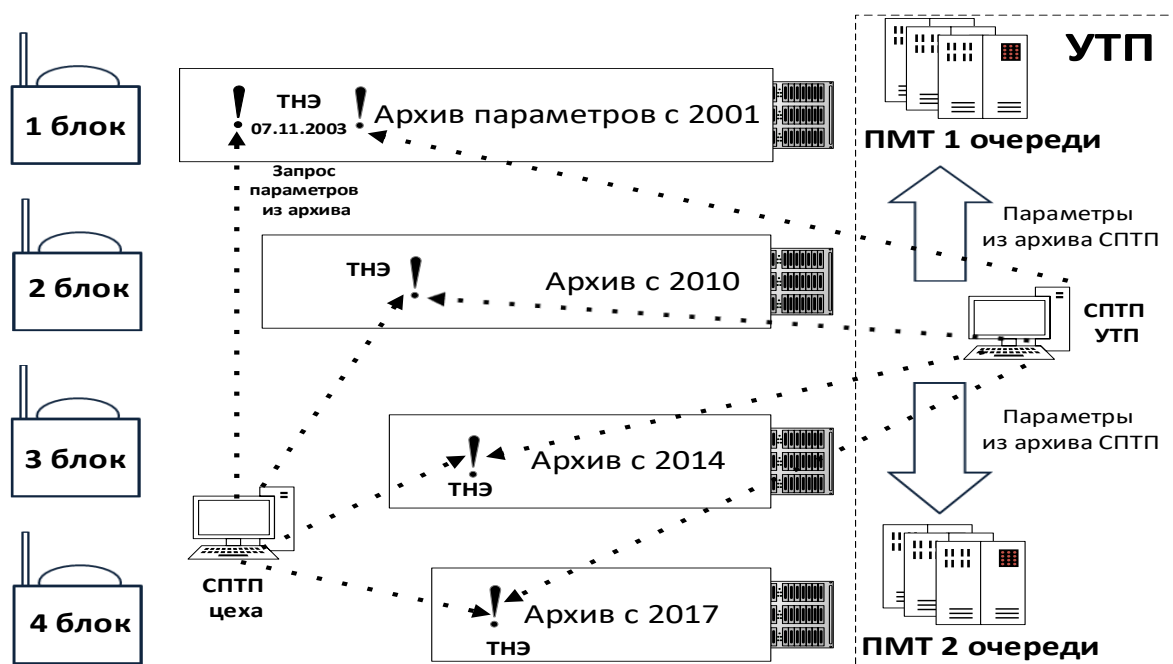


Рисунок 2—Обработка технологических нарушений эксплуатации на ПМТ Ростовской АЭС

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Программа анализа долгосрочного архива технологических параметров энергоблока Волгодонской АЭС. Руководство пользователя. Москва, 2001.
2. П.В. Поваров Программно-аппаратный комплекс формирования и анализа архива технологических параметров 1-го энергоблока Волгодонской АЭС/Материалы МНТК-2004, Москва, 2004 Программа и тезисы докладов - с. 65-69.
3. В.А. Чернаков, С.А. Мищерин, Е.В. Минаев, М.А. Осадчий, А.П. Молев, С.Л. Лычаков//Полномасштабный тренажёр для блоков № 3,4 Ростовской АЭС.

4. Программа Анализатор архива технологических параметров энергоблока N3,4. Руководство пользователя. Волгодонск, 2017.

## Technological parameters presentation system as a means of preparing initial data for the operation of a full-scale simulator

V.M. Popov<sup>1</sup>, A.Yu. Zlobin<sup>2</sup>, P.V. Povarov<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Branch of Rosenergoatom Concern JSC Rostov Nuclear Power Plant,  
Volgodonsk, Rostov region, Russia

<sup>3</sup>Volgodonsk Institute of Engineering and Technology, Branch of the National Research Nuclear University MEPhI,  
Volgodonsk, Rostov Region, Russia

<sup>1</sup>e-mail: [popov-vm@vdnpp.rosenergoatom.ru](mailto:popov-vm@vdnpp.rosenergoatom.ru)

<sup>2</sup>e-mail: [zlobin-au@vdnpp.rosenergoatom.ru](mailto:zlobin-au@vdnpp.rosenergoatom.ru)

<sup>3</sup>e-mail: [nii\\_energomash@mail.ru](mailto:nii_energomash@mail.ru)

**Abstract.** The purpose of the paper is to describe the experience of technological parameters transfer and display system used for improvement of the efficiency of Rostov NPP's training unit full-scale simulator. The most important value of such a system is the specially designed software providing event history tool for data retrieval for any case of abnormalities in the past since the start of commissioning. The system also provides many types of the technological process visualizing in formats used at nuclear power plants.

**Keywords:** Technological parameters, operation abnormalities, operating modes of equipment, technological parameters archive, event history tool.

УДК 004.032.26: 621.311.25

## Разработка нейронной сети для обработки результатов тепловизионных обследований электроприводной арматуры АЭС

Ф.Б. Литвинов<sup>1</sup>, Е.В. Воробьев<sup>2</sup>, Л.С. Хегай<sup>3</sup>

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

<sup>1</sup>[litwinov.filipp@mail.ru](mailto:litwinov.filipp@mail.ru)

<sup>2</sup>[xpanr@ya.ru](mailto:xpanr@ya.ru)

<sup>3</sup>[lskhegai@mephi.ru](mailto:lskhegai@mephi.ru)

**Аннотация.** В настоящее время искусственные нейронные сети широко используются при решении самых разнообразных задач, особенно там, где обычные алгоритмические решения оказываются неэффективными или вовсе невозможными. В периоды проведения планово-предупредительных ремонтов перед сотрудниками АЭС стоит непростая задача определения технического состояния тысяч единиц энергетического оборудования. Использование нейросетевой системы диагностики позволит увеличить эффективность диагностики и сократить ошибки, обусловленные воздействием человеческого фактора, что повысит надежность и безопасность работы оборудования АЭС.

**Ключевые слова:** нейронные сети, диагностика, контроль, АЭС.

В периоды проведения планово-предупредительных ремонтов перед сотрудниками АЭС стоит непростая задача определения технического состояния тысяч единиц энергетического оборудования. Использование нейросетевой системы диагностики позволит увеличить эффективность диагностики и сократить ошибки, обусловленные воздействием человеческого фактора, что повысит надежность и безопасность работы оборудования АЭС. Разработка нейросетевой системы диагностики позволит повысить надежность и безопасность работы оборудования АЭС.

В общем виде нейронная сеть состоит из 3 слоёв, необходимых для произведения расчётов и запоминания информации, – слоя свертки, активации и слоя пулинга.

В результате анализа было принято решение использовать архитектуру сети с долгой краткосрочной памятью (LongShort-TermMemory, LSTM).

Нейронные сети LSTM обладают памятью, т.е. текущая информация сохраняется для последующего использования в будущем. LSTM является революционной технологией, которая позволит запоминать результаты проверок технического оборудования, вследствие чего ИНС будет повышать процент точности оценки с каждым проанализированным ей файлом [1].

Для реализации нейросети был выбран язык программирования Python, так как он содержит в себе библиотеки, специально разработанные для создания ИНС. При написании программного кода была использована библиотека Keras. [2].

Разработанная ИНС для обнаружения дефектов ЭПА была обучена на нескольких десятках термографических снимков, полученных в результате проведения диагностического контроля в ходе планово-предупредительных ремонтов на Ростовской атомной станции. Тестирование программного продукта показало, что ИНС позволяет различать герметичную и негерметичную ЭПА, при этом достоверность диагностики составляет 92%.

Для большего удобства работы с системой был создан пользовательский интерфейс, с которым работнику будет комфортно взаимодействовать.

Разработанная нейросетевая система представлена на рисунке 1.

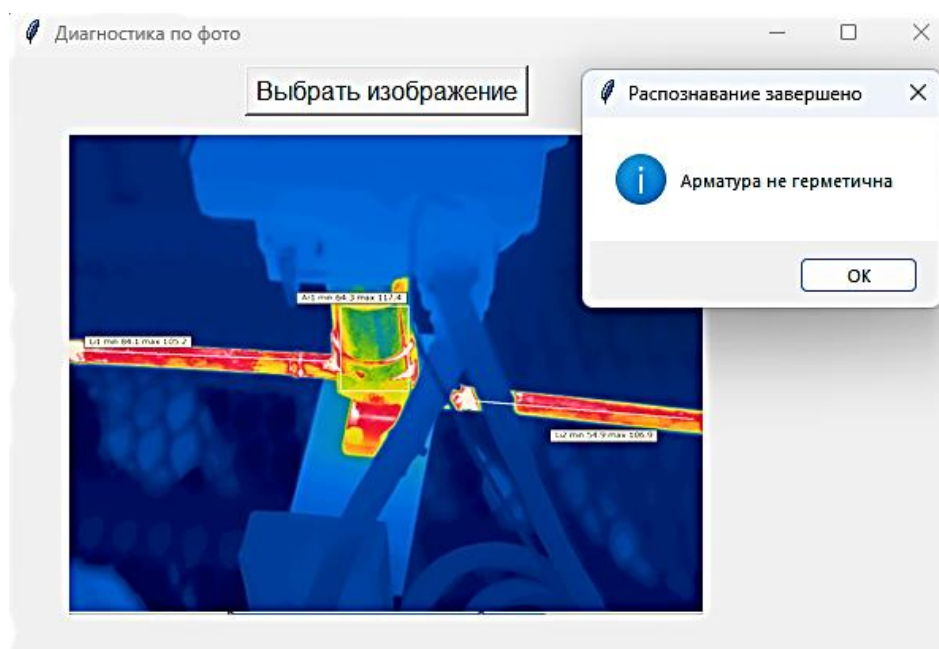


Рисунок 1 – Нейросетевая система

Выполненная разработка показывает перспективность использования нейросетевых технологий в мониторинге оборудования АЭС, что позволит диагностировать дефекты на ранних стадиях их развития. По мере накопления информационной базы точность диагностики будет увеличиваться, что приведет к снижению числа нарушений нормальной эксплуатации и повышению безопасности функционирования атомных станций. В качестве дальнейшего развития рассмотренной тематики можно предложить расширение спектра диагностируемого оборудования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганегедара, Т. Обработка естественного языка с TensorFlow: монография / Т. Ганегедара; пер. с англ. В. С. Яценкова. – Москва: ДМК Пресс, 2020. – 382 с. – ISBN 978-5-97060-756-5. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1094940> (дата обращения: 18.05.2023). – Режим доступа: по подписке.
2. Омеляненко, Я. Эволюционные нейросети на языке Python: практическое руководство / Я. Омеляненко; пер. с англ. В. С. Яценкова. - Москва: ДМК Пресс, 2020. – 310 с. – ISBN 978-5-



## Development of a neural network for processing the results of thermal imaging inspections of NPP electric actuators

P.B.Litvinov<sup>1</sup>, E.V.Vorob'yev<sup>2</sup>, L.S.Khegai<sup>3</sup>

*Volgodonsk Engineering and Technical Institute, the Branch of National Research Nuclear University MEPhI, Volgodonsk, Russia*

<sup>1</sup>[Litwinov.Filipp@mail.ru](mailto:Litwinov.Filipp@mail.ru)

<sup>2</sup>[xpanr@ya.ru](mailto:xpanr@ya.ru)

<sup>3</sup>[lskhegai@mephi.ru](mailto:lskhegai@mephi.ru)

**Abstract.** Currently, artificial neural networks are widely used in solving a wide variety of problems, especially where conventional algorithmic solutions turn out to be inefficient or even impossible. During the periods of scheduled preventive maintenance, the employees of nuclear power plants face the difficult task of determining the technical condition of thousands of power equipment units. The use of a neural network diagnostic system will increase the efficiency of diagnostics and reduce errors caused by the human factor, which will increase the reliability and safety of NPP equipment.

**Keywords:** neural networks, diagnostics, control, NPP.

УДК 004.9; 658.5

## Концепция построения интеллектуальной информационной системы поддержки жизненного цикла АЭС

С.А. Клятецкий<sup>1</sup>, В.Г. Марача<sup>2</sup>, О.Ф. Цуверкалова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>АО «Атомстройэкспорт», Москва, Россия

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

<sup>3</sup>Волгодонский инженерно-технический институт – филиал НИЯУ МИФИ, Волгодонск, Россия

<sup>1</sup>e-mail: [ceo@thetop.pro](mailto:ceo@thetop.pro); <sup>2</sup>e-mail: [VGMaracha@mephi.ru](mailto:VGMaracha@mephi.ru); <sup>3</sup>e-mail: [oftsuverkalova@mephi.ru](mailto:oftsuverkalova@mephi.ru)

**Аннотация.** В статье обосновывается актуальность разработки информационной системы поддержки жизненного цикла АЭС, рассматриваются предпосылки ее создания, основные структурные элементы и используемые технологии, а также приводятся предполагаемые результаты внедрения информационной системы в деятельность атомных станций.

**Ключевые слова:** информационная система, моделирование, атомные станции, жизненный цикл АЭС, техническая документация.

В настоящее время атомная энергетика выдвигает повышенные требования к надежной и безопасной эксплуатации энергоблоков АЭС. Одним из важных компонентов деятельности по обеспечению безопасности является документация, сопровождающая функционирование АЭС на протяжении всего ее жизненного цикла (далее – ЖЦ) и содержащей большие объемы разноплановых данных, касающихся самых разных аспектов деятельности атомной станции. Обеспечение своевременного доступа к необходимой информации всем заинтересованным лицам позволяет улучшить управление конфигурацией, надежность данных, качество работы персонала и, в конечном итоге, способствует повышению производительности и безопасности атомных станций. Решение этих задач может быть достигнуто на основе создания информационной системы, обеспечивающей поддержку управления и принятия решений на всех стадиях ЖЦ АЭС [1].

На сегодняшний день российскими и зарубежными исследователями в области цифровых технологий разработано достаточно большое количество систем, технологий и



протоколов, позволяющих автоматизировать и дистанционно управлять тем или иным процессом жизненного цикла АЭС. Однако цифровой информационной системы, позволяющей управлять АЭС на всех этапах её жизненного цикла, пока не разработано [2]. Самой совершенной информационной системой управления АЭС является платформа «Шаблон эксплуатации» Росэнергоатома [3]. При всех достоинствах этой платформы в настоящее время она не может управлять деятельностью АЭС на всех этапах ее жизненного цикла, таких как этап проектирования и сооружения, ввод в эксплуатацию или вывод из эксплуатации [4-6].

ЖЦ АЭС начинается с определения свойств и назначения объекта проектирования электростанции, за которым следуют этапы концептуального проектирования и рабочего проектирования. После этапов строительства и ввода в эксплуатацию установка передается владельцу / оператору. Затем следует этап эксплуатации, сопровождаемый этапом обслуживания. Этапы эксплуатации и технического обслуживания (Э и ТО) прерываются периодическими проверками и отключениями. Фазы эксплуатации и технического обслуживания обычно длятся около сорока лет. В конце этап вывода из эксплуатации завершает жизненный цикл.

Основой предлагаемой информационной системы является документация по АЭС – это полная информация, записанная в информационной базе станции. Если они представлены в организованной и систематической форме, документация обеспечивает легкий поиск и доступность для использования информационных объектов и их взаимосвязей.

Документирование является результатом следующих действий:

- регистрация решений, принятых при выполнении работ жизненного цикла АЭС;
- запись процесса и основы принятия решения;
- документирование интерфейса и отношений между информационными объектами, которые записываются указанными выше действиями.

Информационный объект – это совокупность информации, которая способствует определению объекта исследования (АЭС), его текущего состояния, а также его истории. Принимая во внимание, что объект станции относится к физическим активам АЭС, таким как здания, оборудование, трубопроводы, кабели и т. д., то в жизненном цикле АЭС многие действия (например, проектная деятельность) приводят к созданию информационных объектов, которые используются для воспроизводства формальных результатов, инициирующих другие действия или относящиеся к состоянию физического объекта завода.

Основная часть документации создается на этапе базового и детального проектирования, а дополнительная документация создается на этапе строительства и ввода в эксплуатацию, а также при модификации исходных проектов от запланированных до уже построенных конфигураций. При проектировании и строительстве документация проектных решений, относящихся к системным параметрам, конфигурациям, вопросам лицензирования и т. д., включает отчеты, чертежи, значения текстовых атрибутов, хранящихся в рационализированной системе управления базами данных (СУБД), и графические объекты, хранящиеся в файлах трехмерного компьютерного проектирования и черчения (CADD). На этапах Э и ТО некоторые документы претерпевают изменения, и новые документы требуются специально для работы завода.

Базовая информационная система поддержки ЖЦ АЭС включает следующие блоки:

- информационная цифровая модель АЭС;
- единое информационное пространство участников АЭС на всех стадиях жизненного цикла, в котором они должны работать;
- единые правила работы с информационной моделью, нормы, общие принципы и регламенты технологии работы.

Таким образом, в первую очередь для разработки информационной системы поддержки ЖЦ АЭС требуется создание проекта цифровой информационной модели энергоблока, как основного элемента, т.е. ядра системы управления жизненным циклом

АЭС, базовой основой для которой может послужить законченный проект 3D-визуализации процесса сооружения АЭС. Дальнейшее информационное наполнение необходимо продолжать на всех последующих стадиях ЖЦ. Интеллектуальная составляющая информационной системы поддержки ЖЦ АЭС может быть обеспечена за счет применения технологий нечеткой логики и нейронных сетей.

К ожидаемым результатам разработки и внедрения интеллектуальной информационной системы поддержки ЖЦ АЭС следует отнести:

- накопления базы знаний по проектам с применением унифицированных решений;
- оптимизацию процессов при сооружении и эксплуатации АЭС;
- преемственность и непрерывность информации между процессами, этапами и проектами;
- эффективное управление конфигурацией дизайн-проектов и их изменениями;
- эффективный мониторинг на всех этапах и процессах ЖЦ АЭС;
- снижение эксплуатационных расходов при одновременном повышении безопасности и надежности атомной станции.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алленых М. А. Industry 4.0 в ядерной энергетике: экономическая эффективность цифровизации отрасли / М. А. Алленых, М. М. Осецкая // Друкерровский вестник. – 2020. – №. 6. – С. 29-49.
2. Тихоновский В. Л., Былкин Б. К. Информационные технологии при выводе из эксплуатации энергоблоков АЭС // Энергия: экономика, техника, экология. – 2014. – №. 9. – С. 22-27.
3. Информационные технологии в Росэнергоатом. – Электрон.дан. – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5\\_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8\\_%D0%B2\\_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BC](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8_%D0%B2_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BC) (дата обращения 10.05.2023).
4. Акимов Н. Н. и др. Математическая модель системы поддержки принятия решений при обеспечении кибербезопасности СВУ АСУ ТП АЭС // Информационные системы и технологии ИСТ-2020. – 2020. – С. 36-40.
5. Акимов, Н. Н. Информационная система поддержки принятия решений в обеспечении кибербезопасности систем верхнего уровня атомных электростанций / Акимов Н. Н., Кольцов В. А., Павлин А. Ю. // Автоматизированные системы управления технологическими процессами АЭС и ТЭС: материалы II Международной научно-технической конференции, Минск, 27-28 апреля 2021 года / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2021. – С. 151–155.
6. Семенов К. В., Промыслова О. А., Менгазетдинов Н. Э. Применение технологий виртуализации в жизненном цикле АСУ ТП АЭС // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2018). – 2018. – С. 257-259.

### The concept of building an intelligent information system for supporting the life cycle of nuclear power plants

S.A. Klyatetsky<sup>1</sup>, V.G. Maracha<sup>2</sup>, O.F. Tsuverkalova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>JSC Atomstroyexport, Moscow, Russia

<sup>2</sup>National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Volgodonsk Engineering and Technology Institute - branch of NRNU MEPhI, Volgodonsk, Russia

<sup>1</sup>e-mail: [ceo@thetop.pro](mailto:ceo@thetop.pro); <sup>2</sup>e-mail: [VGMaracha@mephi.ru](mailto:VGMaracha@mephi.ru); <sup>3</sup>e-mail: [oftsverkalova@mephi.ru](mailto:oftsverkalova@mephi.ru)

**Abstract.** The article substantiates the relevance of developing an information system for supporting the life cycle of nuclear power plants, discusses the background of its creation, the main structural elements and technologies used, and also presents the expected results of introducing an information system into the activities of nuclear power plants.

**Keywords:** information system, modeling, nuclear power plants, NPP life cycle, technical documentation.