

TRIPARTITE SEMINAR

STATE ATOMIC ENERGY CORPORATION
«ROSATOM»

STATE SCIENTIFIC CENTER OF THE RUSSIAN
FEDERATION – INSTITUTE FOR PHYSICS AND
POWER ENGINEERING
named after A.I. LEYPUNSKY



NOVEMBER 12-15
2013

NUCLEAR MATERIALS CONTROL AND ACCOUNTING. STATUS AND CHALLENGES

OBNINSK

Proceedings of the Tripartite Seminar on “Results and Plans for Support of Long-Term Effective Sustainability of the Russian NMC&A System”

Obninsk, Russia, November, 2013

Session 1. Achievements and Future Challenges of the State NMC&A System Infrastructure Upgrading

- 1.1 **Enhancement of the State Nuclear Materials Control and Accounting System in the Russian Federation**
V.A. Pitel, V.A. Romanov, A.V. Stepashko – *State Corporation “Rosatom”, Moscow*
- 1.2 **Upgrading the Current Facility NMC&A System for More Effective Nuclear Security**
Connie Hall – *US*
- 1.3 **Euratom Treaty Safeguards: a model regional system for effective NMC&A in the EU.**
Paul Meylemans - *European Commission Directorate-General for Energy, Nuclear Safeguards*
- 1.4 **SCC of Rosatom – Information and Analytical Center for the State MC&A System Russia**
A.I. Baranov, A.I. Yerygin – *FSUE SCC, Moscow*
- 1.5 **The Current Status of the Legal Regulatory Framework of the Russian State Nuclear Materials Control and Accounting System**
V.A. Pitel, V.A. Romanov, A.V. Stepashko – *State Corporation “Rosatom”, B.G. Ryazanov – SFUE SSC RF - IPPE, Russia*
- 1.6 **NM C&A Regulatory Framework**
E.P. Subbotin – *SEC NRS, Rostekhnadzor RF, Moscow*
- 1.7 **The Final Results of Establishing and the Plans of Development of the Russian NMCA Training System**
V.A. Pitel, V.A. Romanov, A.V. Stepashko – *State Corporation “Rosatom”, B.G. Ryazanov – SFUE SSC RF - IPPE, Russia*
- 1.8 **Special Aspects of NM C&A Measurement Traceability in the Nuclear Power Area**
G.E. Novikov, D.V. Starkov – *State Corporation “Rosatom”, Moscow*
- 1.9 **Enhancement of NM C&A Hardware and Methodological Support in the Framework of the U.S. –Russian Cooperation**
A.S. Sviridov, V.V. Sviridova – *FSUE VNIIA, Moscow, Russia*
- 1.10 **Development of the RMTC Non-Destructive Assay Laboratory: From the Training Courses to Methodological Support of Enterprises**
S.A. Bogdanov, G.M. Bezhunov, V.M. Gorbachev, B.G. Rayzanov, N.S. Rykov, V.V. Talanov – *FSUE SSC RF - IPPE, Obninsk, Russia*

- 1.11 **Special Aspects of NM NDA Measurement Methodology Development for Accounting and Confirmatory Measurements. Regulatory Documents, Reference Materials, Measuring Equipment**
M.A. Semenov, S.L. Levunin, A.S. Antushevskiy, S.N. Shlygin,
A.A. Efremova, A.V. Filonova – *FSUE “PA “Mayak”, Ozersk, Russia*
- 1.12 **Proposals on Methodological Support of NM C&A Confirmatory Measurements**
S.E. Kondratov – *FSUE RFNC VNIIEF, Sarov, Russia*
- 1.13 **VNIIA – JRC (Ispra) Cooperation in the Nuclear Materials Control and Accounting Area (TASIS Program). The Results and Lessons Learned from Establishing the Test Laboratory at the VNIIA with the Purpose to Certify NM C&A Devices and Instruments**
A.S. Sviridov, A.A. Lavrushin – *FSUE VNIIA, Moscow, Russia*,
Pascal Dransart – *ITU JRC EC, Ispra, Italy*
- 1.14 **VNIIA – JRC (Ispra) Cooperation in the Nuclear Materials Control and Accounting Area (TASIS Program). The Results and Lessons Learned from Implementation of Modern Sealing Systems**
A.S. Sviridov, V.Yu. Chebykin – *FSUE VNIIA, Moscow, Russia*,
Pascal Dransart – *ITU JRC EC, Ispra, Italy*
- 1.15 **The Fundamentals of Modeling the Processes of Performance Evaluation for the Nuclear Materials Control and Accounting System**
Yu.A. Sinyakov, V.V. Blinov – *JSC VNINM, Moscow, Russia*
- 1.16 **Human Factor in Support of the Sustainability Plan**
S.T. Shchetnikova, V.Yu. Chukov, G.V. Lavrentieva – *FSUE SRI SPA Luch, Podolsk, Russia*
- 1.17 **Establishing the Nuclear Security Culture in Ukraine**
A.V. Gavrilyuk-Burakova – *Nuclear Research Institute of the Ukrainian NAS MPC&A TC named after J. Kuzmich, Kiev, Ukraine*
- 1.18 **On the Methods of Sampling Size Calculation in the State Nuclear Materials Control and Accounting System**
V.I. Sereдкин – *JSC “Ural Electrochemical Integrated Plant”, Novouralsk, Russia*
- 1.19 **Control and Accounting of Spent Nuclear Fuel**
I.V. Gusakov, L.P. Grabelnikova, A.I. Baranov – *FSUE “FCNRS”, Moscow, Russia*

Session 2. Achievements and Future Challenges of the Facility NMC&A Systems Upgrading

- 2.1 **The Final Results of Enhancement and Prospects for the Development of the MC&A System at the FSUE MCC**
Yu.P. Anufriev – *FSUE MCC, Zheleznogorsk, Russia*
- 2.2 **The Issues of Nuclear Materials Control and Accounting at the Enterprises of Shipbuilding Industry**
I.T. Guriev – *FSUE “Krylov State Research Center”, St. Petersburg, Russia*
- 2.3 **Implementation of NP-030-12 Requirements at the JSC “Siberian Chemical Combine”**
V.V. Drozd – *JSC “Siberian Chemical Combine”, Seversk, Russia*
- 2.4 **Work Plans on Long-Term Sustainability of the Nuclear Materials Control and Accounting System at the Institute**
V.V. Belov – *FSUE “RFNC VNIITF named after Acad. E.I. Zababakhin”, Snezhinsk, Russia*
- 2.5 **The Current Status of NM C&A Hardware and Methodological Support at the FSUE“PA “Mayak”**
M.A. Semenov, S.L.Levunin, I.A. Sinev – *FSUE “PA “Mayak”, Ozersk, Russia*
- 2.6 **An Experience in Configuration Management for the System of MPC&A in FSUE SRI SPA “Luch”**
S.E. Shmelev, V.Yu. Chukov, G.V. Lavrentieva – *FSUE SRI SPA Luch, Podolsk, Russia*
- 2.7 **Work Progress and Prospects of NM C&A Measurement Support at the SSC NIIAR**
A.P. Malkov – *JSC “SSC NIIAR”, Dimitrovgrad,, Russia*
- 2.8 **The EC Contribution to the Rehabilitation Program of Temporary Waste Storage Facilities at Andreeva Bay: Automated NM C&A System**
D.A. Plyshevskaya – *FSUE FCNRS, Moscow, Russia*
- 2.9 **NM Control and Accounting Arrangement in Rosenergoatom Concern**
V.A. Luppov, M.I. Simagina – *JSC “Rosenergoatom”, Moscow, Russia*
- 2.10 **MC&A System Operation and Upgrading at the FSUE RFNC VNIIEF. Types of Procurement, Implementation Tools and Methods**
V.P. Bushmelev, S.S. Zhikharev – *FSUE RFNC VNIIEF, Sarov, Russia*
- 2.11 **The Results of NMC&A System Implementation and Upgrading in the SSC RF-IPPE.**
V.S. Serdechny, S.A. Bogdanov, V.G. Dvukhsherstnov, V.I. Stasuk,
G.A. Myakishev, B.G. Ryazanov – *SSC RF-IPPE, Obninsk*
- 2.12 **Arrangement of the State Nuclear Materials Control and Accounting and Application of IAEA Safeguards in the JSC “International Uranium Enrichment Center”**
A.D. Panasyuk– *JSC «IUEC»,*
E.G. Pikhtin – *JSC "Angarsk Electrolysis Chemical Complex" ("AEChC"), Angarsk, Russia*

Session 3. Achievements and Future Challenges of the Rostekhnadzor Overview and Rosatom Control of NMC&A System

- 3.1 **Arrangement and Implementation of the State –Level Nuclear Materials Control and Accounting Status Monitoring by the State Corporation “ROSATOM” as One of the Elements for the State Nuclear Materials Control and Accounting System Enhancement**
A.V. Stepashko – State Corporation “Rosatom”, Moscow, Russia
- 3.2 **NP-030-12: Inspection of Implementation and Difference from NP-030-05**
D.A. Bokov – Rostekhnadzor, Moscow, Russia
- 3.3 **NM C&A System Control and Inspection at the Siberian and Far East Sites. Inspection Activities Enhancement and Development Prospects**
*M.M. Zubairov, A.B. Nikolaev, Rostekhnadzor, Novosibirsk,
A.A. Krivolapov – Rostekhnadzor, Seversk, Russia*
- 3.4 **The Current Status and Development Prospects of the Russian State NM C&A System Oversight Activities at Nuclear Facilities with the Application of Technical Devices**
G.V. Shporta – CMTU Rostekhnadzor, Obninsk, Russia
- 3.5 **NM C&A Violations Analysis**
T.M. Anikina – SEC NRS, Moscow, Russia

- Section 4. Scientific and technical aspects of State Nuclear Materials Control and Accounting**
- 4.1 **Determination of Fissile Material Mass in the Fuel of Spent Fuel Assemblies with High Initial Enrichment**
A.V.Bushuev, A.F.Kozhin, V.N.Zubarev, T.B.Aleeva, E.V.Petrova
NRNU MEPhI, Moscow
- 4.2 **Development of the Methods to Measure Uranium-235 Contents in Depleted and Natural Uranium Using High - and Low-Resolution Gamma-Spectrometers**
Yu.A. Gradoboev, N.V. Skovoroda – JSC Chepetsky Mechanical Plant, Glazov,
V.V. Talanov, N.S. Rykov, S.A. Bogdanov – FSUE SSC RF - IPPE, Obninsk
- 4.3 **The research of Applicability of Gamma-Spectrometric Systems for the Measurements of Uranium Mass in the Fixed Rests Contained in the Technological Tanks after the UF6 Evaporation**
G.M. Bezunov, V.V. Talanov, B.G. Ryazanov – FSUE SSC RF - IPPE, Obninsk
- 4.4 **On the Statistical Criteria for Sampling Control in the Storage of Containers with Nuclear Materials**
A.M. Zlobin, V.I. Yuferev – FSUE RFNC VNIIEF, Sarov
- 4.5 **Performance Evaluation of MC&A System Based on the Bayesian Approach**
A.M. Zlobin, I.I. Safronov, V.I. Yuferev – FSUE RFNC VNIIEF, Sarov
- 4.6 **The Test of the HMS-4 System for NM Measurement Means for the Usage at the Rosatom Organizations for NMCA Goals**
E.A. Kapitanov – FSUE VNIIA, Moscow
- 4.7 **A Pilot NM Scrap Measurement Program to be Used for NM C&A Purposes at the “ROSATOM” Enterprises**
E.A. Losenko, V.V. Sviridova – FSUE VNIIA, Moscow,
V.Yu. Popyrin – JSC “Novosibirsk Chemical Concentrates Plant”, Novosibirsk,
M.A. Semenov, S.L. Levunin – FSUE “PA “Mayak”, Ozersk, Russia
- 4.8 **The Status of Development of Technique for the U and Pu Identification by Gamma-Spectrometers with Low Resolution**
N.V. Moshkina, V.V. Sviridova – FSUE VNIIA, V.V. Talanov – FSUE SSC RF - IPPE, Obninsk, M.A. Semenov – FSUE “PA “Mayak”, Ozersk
- 4.9 **Operability Analysis of the Weighing Systems Supplied by the U.S. NL to Weigh NMs at the Siberian Chemical Combine**
I.S. Shishkov, A.P. Yarygin – JSC “Siberian Chemical Combine”, Seversk
- 4.10 **Portable Equipment Development and Testing for NM Detection and Express-Identification**
S.F. Razinkov, D.A.Sivachev, V.V.Stepashkin, A.M.Kokorin, S.V.Tsybriaev, S.E. Kondratov, D.V. Glukhodedev, G.M.Skripka – FSUE RFNC VNIIEF, Sarov
- 4.11 **The drawing experience of the machine-reading marking on the NMCA subjects at IPPE**
V.G. Dvuchsherstnov, V.I. Regushevski – FSUE SSC RF - IPPE, Obninsk

4.12

On the Implementation of Criteria for the Anomalies Detection in Process of Physical Inventory Taking at MBA where NM is Transformed

V.K. Goryunov – FSUE SSC RF - IPPE, Obninsk

Session 1

Achievements and Future Challenges of the State NMC&A System Infrastructure Upgrading

Enhancement of the State Nuclear Materials Control and Accounting System in the Russian Federation

V.A. Pitel, V.A. Romanov, A.V. Stepashko –
State Corporation “Rosatom”, Moscow

It is supposed to discuss the basic results of enhancement of the Russian State Nuclear Materials Control and Accounting System, among other things also at the expense of the international cooperation funds: applicable regulatory documents, organizational structure, basic elements, and the main outcome.



РОСАТОМ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

Improvement of the State System for Nuclear Materials Control and Accounting in Russian Federation

(Trilateral MC&A seminar)

(12-15.11.2013, RMTС, IPPE)

V.A. Pitel, V.A. Romanov, A.V. Stepashko
(Department of Nuclear Materials)

Plan of the report:

- 1. Regulations in force**
- 2. Organizational structure**
- 3. Basic elements**
- 4. Basic results**
- 5. International cooperation**

Regulations in force:

**Federal law of Russian Federation
dated 21.11.1995 № 170-FZ
«About Use of Atomic Energy»**

**Federal law of Russian Federation
dated 05.02.2007 № 13-FZ
«About Specialty of Management and Disposition of Property and
Shares of Organizations which Perform Activities in the Area of
Atomic Energy Use, and about Introduction of Amendments into
the Legislative Acts of Russian Federation»**

**Federal law of Russian Federation
dated 01.12.2007 № 317-FZ
«About State Atomic Energy Corporation «Rosatom»**

www.rosatom.ru

3

Regulations in force : (continued)

**Decree of the President of Russian Federation
dated 27.04.2007 № 556
«About restructuring of Atomic Energy-Industrial
complex of Russian Federation»**

**Decree of the Government of Russian Federation
dated 06.05.2008 № 352
«About Approval of Regulations on the State System of
Nuclear Materials Control and Accounting»**

www.rosatom.ru

4

Regulations in force: (continued)

Federal code in the area of nuclear materials use:

**«Basic Rules of Nuclear Materials Control and Accounting.
НП-030-12»**

**(enforced on 09.11.2012 by the order of Rostekhnadzor
dated 17.04.2012 № 255)**

**«Rules on Transfer of Nuclear Materials into Either Radioactive
Substances or Radioactive waste. НП-072-13»**

**(enforced on 08.11.2013 by the order of Rostekhnadzor
dated 05.07.2013 № 288)**

**«Requirements to the Organization of Material Balance Areas.
НП-081-07»**

**(enforced on 01.06.2008 by the decree of Rostekhnadzor
dated 19.11.2007 № 2)**

www.rosatom.ru

5

№ 170-FZ dated 21.11.1995 (till 2007):

Defined that:

**control and accounting of nuclear materials is one of the types of
activities in the area of atomic energy use**

all nuclear materials are the federal property

**nuclear materials are subject to the state control and accounting
of nuclear materials at the federal and industry level in the state
system of nuclear materials control and accounting**

organizations provide control and accounting of nuclear materials

www.rosatom.ru

6

№ 13-FZ dated 05.02.2007:

Defined that:

NM can be either the federal property or the property of juridical persons

List of NM which can be only the federal property is approved by the President of Russian Federation

List of Russian juridical persons propertied with nuclear materials is approved by the President of Russian Federation

For foreign states, foreign juridical persons the right of ownership of NM and products of its' reprocess which have been either imported in the Russian Federation or purchased in the Russian Federation is recognized in Russian Federation

№ 13-FZ dated 05.02.2007: (continued)

Defined that:

Organizations licensed for the right to perform activities in the area of atomic energy manage the nuclear materials regardless of forms of property on them

Proprietors of nuclear materials provide control for NM safety and proper use

Regardless the form of property nuclear materials are subject to the state control and accounting in the State nuclear materials control and accounting system

Decree of the President of RF dated 27.04.2007 № 556:

Approved:

List of NM which can be only the federal property

**List of Russian juridical persons propertied with nuclear materials
(with the exception of nuclear materials which can be only the federal property)**

www.rosatom.ru

9

№ 317-FZ dated 01.12.2007:

Defined that:

ROSATOM performs functions of the body which manages the federal property NM in order defined by the Government of Russian Federation

Authority and functions of ROSATOM, including:
provides control for the management of NM in RF;
manages State register of NM;
performs inspections of the facilities

ROSATOM accepts legal acts that
regulate the order of state MC&A,
state forms of reports in the area of state MC&A,
forms of state register on NM

ROSATOM has the right to export and import NM

www.rosatom.ru

10

Defined:

Objectives of the state MC&A system

Organizational structure of the state MC&A system

What the state MC&A system is to provide

Functions of ROSATOM and organizations on performing state MC&A

Organizational Structure of the State MC&A of NM System :

**governing bodies that provide its' functioning at the federal level
and in organizations managing NM**

**regulatory legal provision of activities on NM control and
accounting**

**Information and analytical provision of the system's functioning
as well as of processing and transferring data about availability
and movement of NM**

MC&A systems in facilities managing NM

**Control and supervision for the status on NM control and
accounting**

State NM control and accounting includes:

Collection, registration and analysis of data about quantity, qualitative composition and movement of NM

Continuous documentary accounting of all economic and technological operations with NM based on results of NM characteristics measurements

Checking of data validity and its' correspondence to the actual location of NM in the places of NM location

Federal code in the area of nuclear materials use :

Basic Rules of Nuclear Materials Control and Accounting. НП-030-12

Rules on Transfer of Nuclear Materials into Either Radioactive Substances or Radioactive waste. НП-072-13

Requirements to the Organization of Material Balance Areas. НП-081-07

Basic results:

System of state NM control and accounting has been created

Elements of the system are closely connected

There are achievements

There are disadvantages

No facts of loss and unauthorized use have been revealed

International cooperation: (cooperation with DOE)

Has been performed within the framework of Agreement between the Governments of Russian Federation and USA on MPC&A cooperation dated 02.10.1999

Has been performed under the auspices of JCC

For today – 22 meetings

Has been performed under joint working groups

Period of transfer to the agreement on multilateral nuclear and ecological program in Russian Federation

International cooperation: (cooperation with DOE)

(continued)

Joint working groups on:

1. long-term operability assurance of MPC&A system
2. development of regulations
3. metrological, equipment and methodological support of MC&A
4. training of personnel
5. performing inspections of MC&A systems status in organizations
6. Certification and attestation of equipment (completed in 2010)
7. Implementing modern sealing systems (completed in 2009)
8. Development and implementation of the Federal Information System (completed in 2009)

International cooperation: (cooperation with European Commission)

**Has been performed under the TACIS project
(since 1996)**

Has been performed under the auspices of JSC

For today – 19 meetings

Has been performed within the joint projects

TACIS project has been finished

International cooperation: (cooperation with European Commission)

(continued)

Improvement of control and accounting of hold-ups and wastes at Mayak Plant PT-1

Creation of testing laboratory for MC&A equipment certification

Implementation of modern sealing systems

Combat illicit trafficking of NM

Improvement of automated MC&A system at Kurskaya NPP

Provision of efficiency of Ural-Siberian Training and Methodological Centre at VNIITF

International cooperation: (trilateral)

Creation and functioning at IPPE of methodological and training center on nuclear materials control and accounting

International cooperation: (cooperation with IAEA)

Participation in development of IAEA handbooks in 2012- 2013

(new area for Nuclear Materials Department)

**1. «System of nuclear materials control and accounting
at facilities»**

2. «Nuclear materials control»

Upgrading the Current Facility NMC&A System for More Effective Nuclear Security

Connie Hall – US

Nuclear material control and accounting (NMC&A) systems have traditionally been considered accounting systems designed to provide the records of the inventories and transfers of nuclear material at a facility. The purpose for this accounting may have been for financial purposes or in a State where IAEA safeguards are in place, the purpose could have been for safeguards. Regardless of the original intent, an NMC&A system can be upgraded to enhance the facility's nuclear security program. Upgrades could include cooperation of the activities of the NMC&A system with those of the physical protection system, as well as other functions such as operations, personnel security and information security. The cooperation and information exchange among these organizations is important to the success of the nuclear security program because all aspects of the nuclear security program must function well for the program to be effective.

Some examples of upgrades are:

- Records maintained on a daily basis of the current location of all items containing nuclear material;
- An item monitoring program which uses a statistical sampling approach to confirm the existence and locations of items between physical inventory takings;
- Monitoring of nuclear material undergoing processing to detect unauthorized removal of nuclear material in a timely manner;
- Measures to ensure that during a transfer the nuclear material that is supposed to be moved is actually the material that is moved and that the quantities are correct;
- Assessments and performance testing of the NMC&A system to ensure the system is functioning as designed and that it is functioning effectively against the threat defined by the State; and
- Configuration management as an integral part of an effective NMC&A system.

NMC&A is an essential part of a nuclear facility's nuclear security program. To be effective the system must be recognized as more than an accounting system and as an important contributor to the overall protection of nuclear material at a facility.

UPGRADING THE CURRENT FACILITY NMC&A SYSTEM FOR MORE EFFECTIVE NUCLEAR SECURITY

Connie Hall

Tripartite Seminar on Nuclear Materials Control & Accounting

Obninsk, Russia

12–15 November 2013

TRADITIONAL NMC&A SYSTEMS

- NMC&A = Nuclear Materials Control and Accounting
 - Designed to meet financial needs
 - Designed for reporting to meet IAEA Safeguards requirements



WHY CHANGE TRADITION?

- ▶ World events have led to the need for more than accounting for our nuclear materials.
- ▶ Generally facility physical protection systems are designed to mitigate the risk of attacks from outside the facility.
- ▶ NMC&A systems can be designed to complement the physical protection system to reduce the risk of attacks from a person authorized to be inside the facility.

WHAT IS THE THREAT?

- Theft or misuse of nuclear material by a facility insider
- Who or what is an “insider?”
 - An individual with authorized access to and knowledge of the facility, its systems, its nuclear material, or sensitive information
 - ANYONE in the facility can be an insider



WHAT DOES A TYPICAL NMC&A SYSTEM ADDRESS?

- ▶ Accounting
- ▶ Measurements and measurement control
- ▶ Transfers
- ▶ Physical inventories
- ▶ Program management, including documentation and procedures

So what should NMC&A address for nuclear security?

Traditional NMC&A systems can be upgraded with the following measures.

ACCOUNTING

- ▶ Material balance areas (MBAs) should be small enough to determine where a loss or difference might occur.



ACCOUNTING - CONTINUED

- ▶ Records should provide:
 - ▶ Information to assist in identifying and quantifying in a timely manner the nuclear material missing or stolen, if that occurs
 - ▶ Capability to create an accurate inventory list at any time
 - ▶ Accurate history of all nuclear material transactions
 - ▶ Capability to detect actual or attempted falsification of records
- ▶ Timely entry of data related to nuclear material is very important.



ACCOUNTING - CONTINUED

- ▶ Computerized accounting is encouraged for nuclear security purposes.
- ▶ Sufficient protection and backup of the records should be provided to ensure the capability to provide complete and accurate records.
- ▶ Personnel should be authorized to gain access to the accounting records and access should be limited to only required information.
- ▶ A system of checks and balances should be implemented to ensure a single individual cannot manipulate the data to achieve unauthorized removal of nuclear material.



MEASUREMENTS

- ▶ Measurement methods should be appropriate for the type and quantity of nuclear material and should meet or be equivalent to national and international standards.
- ▶ Accurate and precise measurement are important because they reduce measurement uncertainties, which could conceal unauthorized removal.



MEASUREMENTS - CONTINUED

- ▶ To enhance the capability of the facility to detect unauthorized removal of nuclear material, actions should be taken to prevent substitution of nuclear material during measurement, as well as manipulation of standards, measurement equipment and data.
- ▶ When samples are taken for chemical analysis, actions should be taken to ensure substitution of samples prior to analysis does not occur to conceal unauthorized removal.
- ▶ It is important to ensure that more material is not removed through the sampling process than is required.



PHYSICAL INVENTORY TAKING

- ▶ Attention should be paid to identifying errors, which may be intentionally done to accomplish unauthorized removal of nuclear material.
- ▶ Physical inventory taking should be done by a minimum of two people.
- ▶ Complete and accurate reconciliation of the physical inventory results to the facility's book inventory should be done.
- ▶ Procedures should be in place for an emergency inventory, if one should be required.



TRANSFERS

- ▶ Transfers create increased vulnerability for the nuclear material.
- ▶ Containers labeled as “empty” should be checked to verify they are actually empty.
- ▶ Non-nuclear items removed from an MBA should be checked to verify there is no nuclear material concealed in the containers.
- ▶ Careful checks should be done of the items prior to transfer and upon receipt to ensure nuclear material has not been stolen.



SHIPPER-RECEIVER DIFFERENCES

- ▶ Compensatory measures may need to be taken in the case of a statistically significant shipper-receiver difference.
- ▶ Any statistically significant shipper-receiver difference should be resolved before the material in question is released for processing.
- ▶ The possibility of activities by an insider should be considered in the evaluation of a statistically significant shipper-receiver difference.



INVENTORY DIFFERENCES

- ▶ Excessive MUF (material unaccounted for) or σ MUF may be an indication that unauthorized removal of nuclear material has occurred.
- ▶ Cumulative MUF may also be used to detect and evaluate possible unauthorized activities occurring over several material balance periods.
- ▶ Credible adversary scenarios based on the use of MUF or σ MUF to cover up unauthorized activities should be considered.



NUCLEAR MATERIAL CONTROL

- ▶ The purpose of nuclear material control is to preclude unauthorized or improper use of nuclear material.
- ▶ A nuclear material control system should be established for authorizing activities for handling, processing, or storing nuclear materials.
- ▶ The main objectives of nuclear material control are to maintain knowledge of the location of nuclear material and detect any unauthorized handling or movement of nuclear material.



NUCLEAR MATERIAL CONTROL – ADDITIONAL MEASURES

- ▶ Additional control measures may include:
 - ▶ Radiation portal monitors for entrances and exits
 - ▶ Metal detectors for entrances and exits
 - ▶ Additional inspections for anything that could provide shielding to mask the presence of nuclear material
 - ▶ Monitoring of ventilation ducts and drains
 - ▶ Installation of fine metal mesh in addition to grates on windows and ventilation ducts
 - ▶ Measurement, monitoring, and control of all liquid, solid and gaseous waste streams leaving an MBA.

NUCLEAR MATERIAL CONTROL



ITEM MONITORING

- ▶ As a measure of material control, a program of periodic item monitoring may be established to detect unauthorized removal of nuclear material between physical inventory takings.



MONITORING NUCLEAR MATERIAL UNDERGOING PROCESSING

- ▶ Monitoring of material during processing can be accomplished using statistical control techniques if a process is stable and under control.
- ▶ The difference between the material put into the process and the material taken out of the process can be compared with the average input-output difference and its standard deviation to detect irregularities which may indicate unauthorized removal.



ASSESSMENTS & PERFORMANCE TESTING

- ▶ Periodic evaluations of the NMC&A system should be conducted to ensure that it is capable of detecting unauthorized removal of nuclear material as designed.

ALL ORGANIZATIONS SHOULD BE INVOLVED IN NUCLEAR SECURITY



CONCLUSION

An existing NMC&A system can be upgraded through measures that will improve the facility's nuclear security program and its chances of detecting unauthorized removal of nuclear material.

**Euratom Treaty Safeguards: a model regional system
for effective NMC&A in the EU.**

Paul Meylemans
European Commission
Directorate-General for Energy, Nuclear Safeguards

Euratom Treaty Safeguards: a model regional system for effective NMC&A in the EU



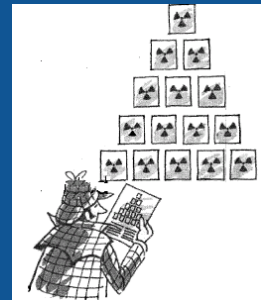
*Tripartite Seminar
Obninsk*

12 November 2013

Paul Meylemans

European Commission
Directorate-General for Energy, Nuclear Safeguards

Energy



Overview

- 1. The European Union and the Euratom Treaty*
- 2. Euratom nuclear safeguards*
- 3. International Cooperation and Agreements*
- 4. DG ENER.E and JRC cooperation on Safeguards*

1. European Union and Euratom Treaty



3

Energy

Three Communities – the start of the European Union

Three founding Treaties, establishing:

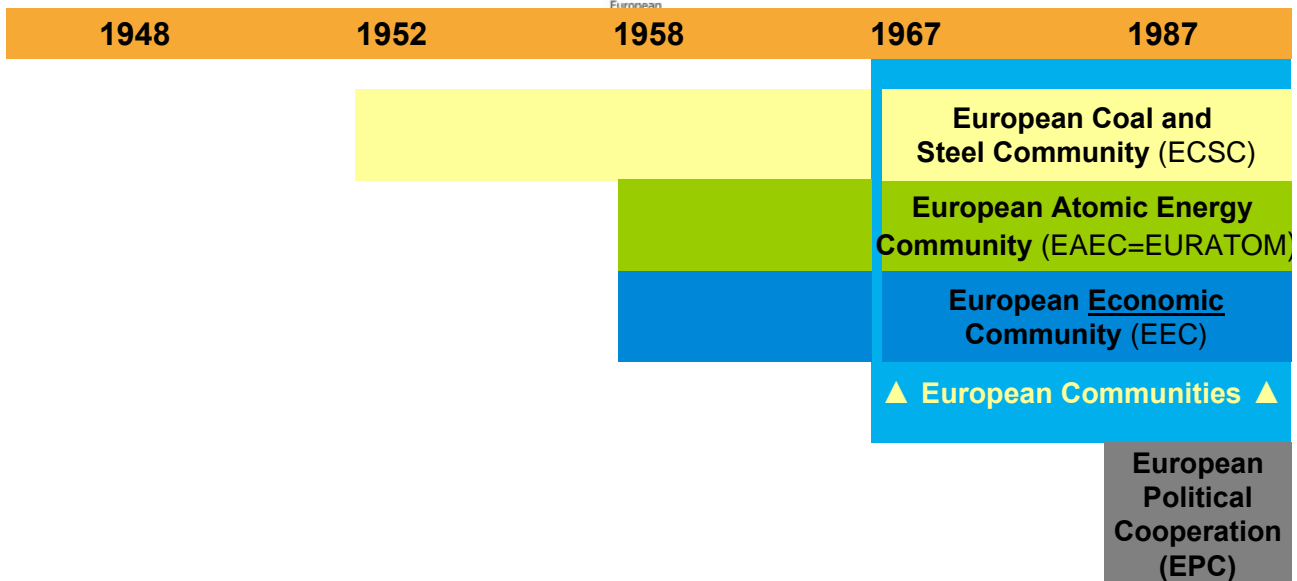
- European Coal and Steel Community (1951)
- European Economic Community (1957)
- European Atomic Energy Community (1957)



Energy

4

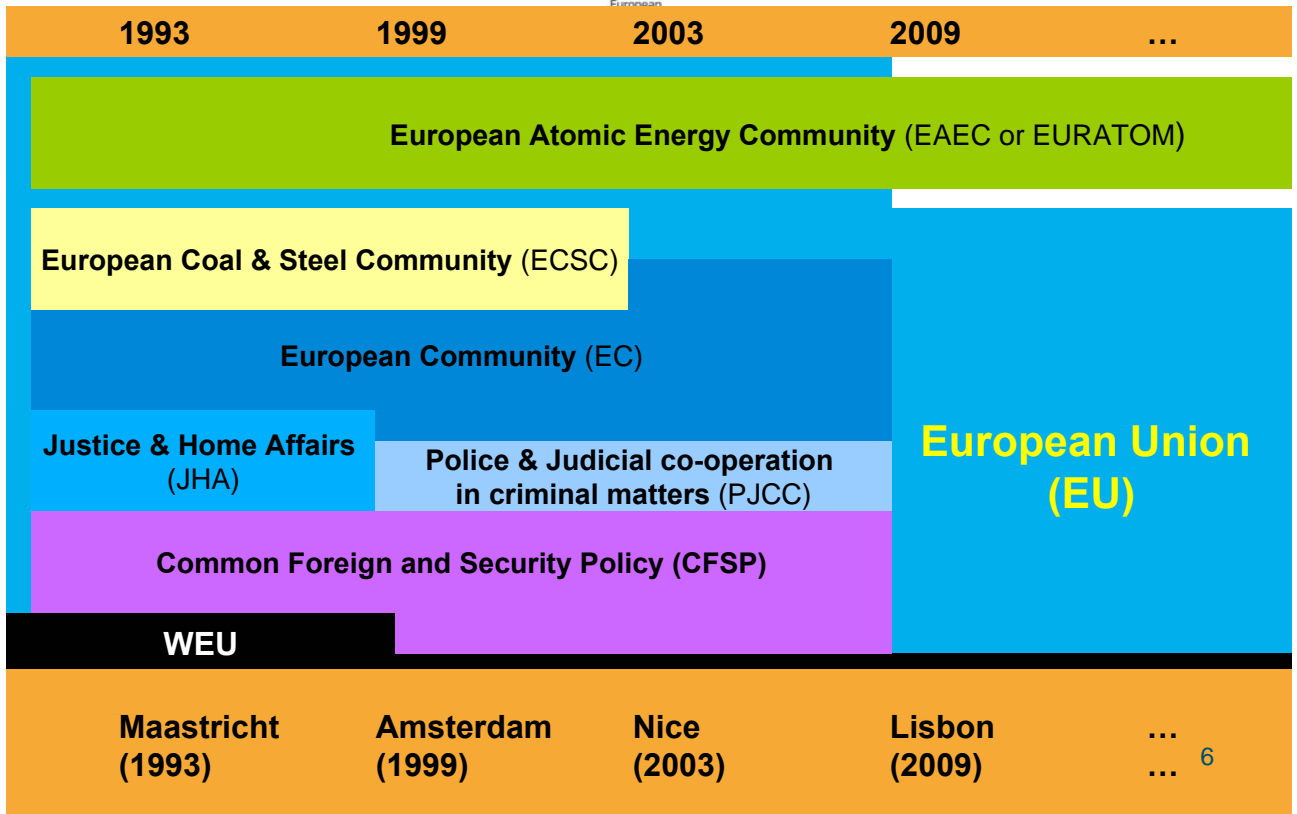
Treaties and history of the EU (1)



Western European Union (WEU)

Brussels (1948)	Paris (1952)	Rome (1958)	Brussels (1967)	SEA (1987) ⁵
-----------------	--------------	-------------	-----------------	-------------------------

Treaties and history of the EU (2)





The EU Institutions



7

Energy



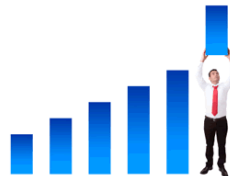
Euratom Treaty - the aims

Create the conditions for the establishment and growth of nuclear industries



Contribute to:

- the raising of the standard of living
- the development of relations with other countries



8

Energy

Euratom Treaty - the means

- *Research and dissemination of technical information*
- *Uniform safety standards*
- *Investment facilitation*
- *Regular and equitable supply of ores and fuels*
- *Prevention of diversion of nuclear materials*
- *Ownership of special fissile materials*
- *Common market in nuclear materials and equipment*
- *International relations with a view to foster progress in the peaceful uses of nuclear energy*

9

Euratom Treaty - 4 main fields of action

1. *Nuclear energy development*

2. *Health and safety*

3. *Guarantees for peaceful uses*

4. *External relations*



NOTE:

The Euratom Treaty only applies to the **civil use of nuclear power** – military use is excluded from its scope!

10

2. Euratom nuclear safeguards



What is nuclear safeguards?

- **NOT** Nuclear *safety*:

Measures to limit the risk of accidents in the operation of nuclear installations (e.g. functioning of technical equipment)

- **NOT** Nuclear *security*:

Secure against inside or outside threats to the nuclear installation (e.g. airplane crash, terrorism)

Nuclear safeguards is about measures to control the use of nuclear materials.

12

Safeguards – Legal basis

- *Euratom Treaty Chapter 7*
- *Regulations*
- *Decisions*
- *Recommendations*

Implemented by the European Commission
 Directorate General for Energy
 Directorate E for Nuclear Safeguards

13

Main Safeguards Provisions

Commission's safeguards role (Art 77)	<u>Commission Regulation</u> No 302/2005 on the application of Euratom safeguards
Declaration of basic technical characteristics (BTC) (Art 78)	<u>Commission Decisions:</u> Particular Safeguard Provisions and Sanctions against operators
Nuclear material accountancy, record keeping (Art 79)	<u>Commission Recommendations:</u> <i>guidelines</i> for application (2005) Implementation of NMAC (2009)
Commissions' inspections: <i>"Access to all places and data and all persons at all times"</i> (Art 81)	
<u>Bilateral Agreements</u> between Euratom and third States: AUS, CDN, USA, JAP UKR, KAZ, UZB	<u>Trilateral Agreements</u> between IAEA, Euratom and MS: -Non-nuclear-weapon MS -Nuclear-weapon MS (UK + F) 14

Safeguards

- "The Commission shall satisfy itself that, in the territories of Member States (Art 77)
 - ores, source materials and special fissile materials are **not diverted** from their intended uses as declared by the users;
 - the provisions relating to supply and any **particular safeguarding obligations** assumed by the Community under an agreement concluded with a third State or an international organisation **are complied with.**"

15

Safeguards extraordinary competences

- ENFORCEMENT, INJUNCTION, SANCTION -

- **Compulsory inspections (Art 81)** – urgency procedures
- **Urgency action against the Member State (Art 82)** – Commission & Court of Justice
- **Sanctions against operators (Art 83):**
 - warning
 - withdrawal of benefits
 - placing under administration
 - withdrawal of materials

16

Regulation No 302/2005 on the application of Euratom safeguards

- implements Art. 78-79 EURATOM
 - **Practical modalities** of declaration, time limits, programme of activities of installations, particular safeguards provisions (cf Art. 78)
 - Establishment of **accounting system**, requirements for operating and accounting records & reports (cf Art. 79)



Energy

Safeguards Implementation - Methodology

Operator:

- Provides basic technical characteristics of the installation
- Keeps operating records to permit accounting for the material
- Provides accounting declarations to the Commission

Commission verifies:

- Consistency of declarations
- Coherence with records kept at the installation
- Correspondence with the physical reality

Verification work is done in nuclear installations,
Joint Research Centres and safeguards HQ in Luxembourg

Cooperation with the International Atomic Energy Agency 18

Energy



Safeguards Implementation – Tools

Equipment to

- Determine composition and quantity of material (on-site laboratories, neutron and gamma measurement devices)
- Preserve this knowledge through
 - surveillance (cameras...)
 - containment (seals...)
- Attended and unattended equipment
- Transmit the data to headquarters (RDT...)

Software for data collection, management and analysis

- Analysis of declarations
- Analysis of measurement data
- Facilitate surveillance data review
- Management of inspection-related information

19

Energy



Safeguards Implementation – Basic Facts & Figures

- Inspectors recruited by the Commission (Treaty art. 82)
- Euratom Inspectors have access to all places, data and persons to the extent necessary to apply safeguards
- DG ENER.E HQ in Luxembourg
 - ~ 20 million Euros annual budget
 - ~ 120 inspectors
 - ~ 800 installations (MBAs) in 28 Member States
 - ~ 500.000 tons U, 6300 Th and 835 tons Pu
 - ~ 1.8 million accountancy lines received per year
 - ~ 1300 inspections/year (about half jointly with IAEA)
 - ~ 4000 inspection-person-days/year
(making the EU territory the most inspected in the world)

20

Energy

3. *International Cooperation and Agreements*



21

Energy

Safeguards – Art 77 b

"...the provisions relating to supply and any particular safeguarding obligations assumed by the Community under an **agreement concluded with a third State or an international organisation** are complied with..."

22

Energy



International cooperation I (Art 77 b)



IAEA
International Atomic Energy Agency

Cooperation with the **International Atomic Energy Agency (IAEA)**, Vienna:

- **Multilateral safeguards agreements between Euratom, the IAEA and 26 non-nuclear weapon Member States**
 - All are under nuclear safeguards by Euratom and the IAEA
- **Separate safeguards agreements with nuclear weapon Member States UK & France**
 - In order not to duplicate work, the IAEA will make full use of Euratom safeguards, i.e. by receiving information, by carrying out common inspections, etc.

23

Energy

Euratom & IAEA



cooperation:

26 non Nuclear Weapon States:

- *INFCIRC/193*
- *INFCIRC/193/Add8*
(*"Additional Protocol"*)

2 Nuclear Weapon States:

- *INFCIRC/263*
- *INFCIRC/263/Add1*



- *INFCIRC/290*
- *INFCIRC/290/Add1⁴*



Energy



EC – IAEA Cooperation under INFCIRC/193

HLLC and LLLC for the NNWS of the EU

Lower Level Liaison Committee (LLLC) WGs:

- **Inspection Planning**
- **Safeguards Implementation**
- **Logistical and Technical Support**

25

Energy



International cooperation II

(Based on Art 77 b Euratom Treaty)

Cooperation with **third countries**:

• Amongst other, they also contain nuclear safeguards obligations, e.g. ensuring that nuclear material imported from these countries is only used for the declared peaceful purposes

Euratom bilateral cooperation Agreements:

- Peaceful uses of nuclear energy: USA, Canada, Australia, Japan, Ukraine, Kazakhstan, Uzbekistan
- Research and development: US DoE, **Russia**, Ukraine, Kazakhstan, China

26

Energy



4. *Cooperation on Nuclear Safeguards*

27

Energy



Cooperation between DG ENER and JRC on Nuclear Safeguards

DG ENER – Implementation of safeguards

JRC – Scientific arm of European Commission

Three areas of collaboration:

- **direct support from JRC to DG ENER in the implementation of safeguards (R&D, analytical services, technical support, training)**
- **cooperation JRC and DG ENER to support IAEA (EC support programme to the IAEA)**
- **cooperation JRC and DG ENER with other partners**

28

Energy



ENER.E - JRC projects and funding

1. JRC receives 'institutional funding' for safeguards research and technology development from general Commission budget (FP7/ Horizon 2020). This includes the provision of inspector training courses
2. DG ENER provides direct funds from the operational safeguards budget to cover:
 - support of inspection related activities or
 - instrument production/maintenance by JRC

29

Energy



JRC – DG ENER: operational support 1

- **Training courses for inspectors**
(physical verification, non-destructive assay, other)
- **Seals:**
 - development of sealing technologies
 - production of seals equipment (ultrasonic bolt seals, seal verification machine, etc.)
 - assessment of third party seals before use by Euratom
- **Laser systems:**
 - development of 3D Lasers for design verification but also nuclear material inventories
- **Non-destructive assay**
 - development and testing of detection equipment
 - modeling (MCNP)

30

Energy



JRC – DG ENER: operational support 2

Destructive assay

- operation of the on-site laboratories at La Hague (FR) and Sellafield (UK)
- analysis of HPTA samples (focus on Enrichment)
- analysis of DA samples (focus on Fuel Fabrication)
- development and provision of reference materials
- development of analytical techniques (e.g. LG SIMS)

31

Energy



JRC – DG ENER support to IAEA

- JRC runs the European Commission Support Programme to the IAEA
 - with strong ENER collaboration and coordination
- more than 40 active tasks (training, C&S, NDA, DA, information management,)

32

Energy



Cooperation ENER-JRC and external partners; example US DOE

- Common projects with US-DOE
(Euratom – US DOE Technical Cooperation Agreement
on Nuclear Safeguards and Security)

various active **Action Sheets**:

- focus spent fuel
- signal authentication
- enrichment plant safeguards
- reference materials

33

Energy



Cooperation ENER-JRC and external partners; example TACIS



- An EU programme for foreign and technical assistance to help countries in Eastern Europe and Central Asia
- 1991 to 2006 (projects running until today)
- Focussed on a few areas, including nuclear safety
- Nuclear safety projects are now covered by the EU Instrument for Nuclear Safety Cooperation

34

Energy



THANK YOU
for your **ATTENTION**

Any Questions?

35

Energy

SCC of Rosatom – Information and Analytical Center for the State NMC&A System Russia

A.I. Baranov, A.I. Yerygin – *FSUE SCC, Moscow*

The Rosatom SCC was imposed the task to perform the function of information and analytical support for the State NMC&A system. Consideration should be given to the main trends in the activity of the information center, namely:

- Acquisition and analysis of information about inventories and changes in inventories of nuclear materials;
- Information support of the Russian Federation in implementation of international agreements in the field of nuclear power;
- Solution of the tasks pertaining to control over nuclear material management;
- Evaluation of the state NMC&A system operation status;
- Information support and participation in the work of the Rosatom NMC&A inspection team to monitor NMC&A system status in Rosatom facilities

Создание и организация деятельности информационно-аналитических центров сбора, обработки и передачи информации (ИАЦ), обеспечивающих функционирование СГУиК ЯМ на федеральном уровне было предписано Росатому в 1998 году постановлением правительства РФ «Правила организации системы государственного учета и контроля ядерных материалов».

Для реализации указанного постановления было принято решение о создании ИАЦ по основным направлениям развития СГУиК ЯМ, таким как нормативное обеспечение, информационная поддержка, методическое, метрологическое и аппаратное обеспечение, обучение и повышение квалификации персонала. За каждым из направлений были закреплены ответственные за их развитие организации, на базе которых в дальнейшем были созданы информационно – аналитические центры СГУиК ЯМ.

ФГУП «СКЦ Росатома» (СКЦ) был вовлечен в тематику учета и контроля ядерных материалов в 2000 году, в то время основной его задачей в этой области была координация создания Федеральной автоматизированной информационной системы (ФИС) и разработка нормативной базы информационной составляющей СГУиК ЯМ, в том числе в рамках международного сотрудничества с США. В 2004 году руководством Росатома было принято решение о передаче эксплуатации ФИС в СКЦ, после чего были начаты работы по созданию информационно – аналитического центра, отвечающего за информационную составляющую СГУиК ЯМ. В этот период были разработаны проекты нормативных документов, таких как «Положение о Федеральной автоматизированной информационной системе государственного учета и контроля ядерных материалов», «Положение об информационно аналитическом центре ФИС», «Концепция информационной безопасности ИАЦ ФИС», «Порядок предоставления информации пользователям ИАЦ ФИС», «Частное техническое задание на разработку системы обмена электронными документами по телекоммуникационным каналам связи в ФИС». Впоследствии эти документы были утверждены руководством Росатома и определили порядок функционирования центра.

В 2005 году после подготовки помещений, отвечающих установленным требованиям, закупки необходимой аппаратуры и подготовки персонала центр был сдан в опытную эксплуатацию. В то время ИАЦ решал задачи, целиком привязанные к функционированию ФИС, а именно сбор отчетов о наличии и движении ядерных материалов от всех организаций страны, осуществляющих

обращение с ядерными материалами, их анализ и подготовка информационных материалов для решения задач учета, контроля и управления ЯМ структурными подразделениями Росатома.

Новым импульсом к развитию центра стало постановление правительства от 2008 года «Об утверждении Положения о системе государственного учета и контроля ядерных материалов». В этом постановлении на Росатом были возложены, в частности, задачи по контролю за обращением ядерных материалов и по оценке состояния и функционирования системы государственного учета и контроля ядерных материалов. В 2009 году, после выхода необходимых распорядительных документов СКЦ приступил к информационной поддержке этих задач, кроме того, СКЦ были переданы функции по информационной поддержке выполнения Российской Федерацией межправительственных соглашений в области мирного использования атомной энергии. Приказом по Госкорпорации в 2009 году СКЦ был определен информационно - аналитическим центром СГУиК ЯМ, а ИАЦ начал функционировать в режиме промышленной эксплуатации.

Расширение перечня задач, решаемых в ИАЦ, вызвало необходимость организовать его работу на качественно ином уровне. В течение 2010-11 годов удалось замкнуть на ИАЦ практически все информационные потоки СГУиК ЯМ о наличии и движении ядерных материалов, в том числе данные бухгалтерского учета ядерных материалов в организациях, а также информацию из БД ФТС. Это позволило проводить комплексный анализ всей информации о ядерных материалах.

Следующим шагом по повышению качества информации, поступающей в ИАЦ стало привлечение на регулярной основе его сотрудников к работе в ведомственных комиссиях Госкорпорации «Росатом» по проверке систем учета и контроля ядерных материалов в организациях, а также информационная поддержка работы этих комиссий, что позволило, в частности, перейти к комплексному анализу учетной и отчетной документации организаций, а также к проверке фактического наличия ядерных материалов и его соответствия документам.

Таким образом, на сегодняшний день сотрудники ИАЦ ведут работу по следующим основным направлениям:

- Сбор и анализ информации о наличных количествах и изменениях инвентарных количеств ядерных материалов;
- Информационная поддержка и участие в работе ведомственных комиссий по проверке систем учета и контроля ядерных материалов в организациях;

- Оценка состояния функционирования системы государственного учета и контроля ядерных материалов;
- Решение задач контроля за обращением ядерных материалов;
- Информационная поддержка выполнения Российской Федерацией международных соглашений в области атомной энергии.

1. Сбор и анализ информации о наличных количествах и изменениях инвентарных количеств ядерных материалов;

Основными информационными потоками, поступающими в ИАЦ в рамках этого направления являются:

- Отчеты организаций по формам СНК и ОИК;
- Отчеты бухгалтерского учета ядерных материалов в организациях;
- Уведомления об экспорте – импорте ядерных материалов;
- Информация из грузовых таможенных деклараций о перемещениях ядерных материалов через таможенную границу РФ.

Основным результатом работ является подготовка информационных ресурсов федерального уровня – регистра ядерных материалов, являющихся федеральной собственностью, и перечня ядерных материалов, являющихся собственностью юридических лиц. Готовятся информационные материалы по запросам структурных подразделений Госкорпорации. Проводится комплексный анализ информации содержащейся в различных отчетных документах, в частности сравниваются данные отправителя и получателя, информация о перемещениях ядерных материалов через границу РФ, согласованность бухгалтерских данных о передачах ядерных материалов.

2. Информационная поддержка и участие в работе ведомственных комиссий по проверке систем учета и контроля ядерных материалов в организациях.

При подготовке работы комиссии проводится комплексный анализ отчетной информации по проверяемой организации. В ходе работы комиссии проверяется соответствие отчетной информации различных уровней СГУиК ЯМ, соответствие учетной и отчетной информации в организации, соответствие фактического нахождения ядерных материалов данным учетных документов.

3. Оценка состояния функционирования СГУиК ЯМ

Основными информационными потоками, поступающими в ИАЦ являются:

- Отчеты от организаций о состоянии систем учета и контроля ядерных материалов;
- Акты ведомственных проверок комиссиями Госкорпорации «Росатом» состояния систем учета и контроля ядерных материалов в организациях;
- Акты и предписания по результатам инспекций Ростехнадзора;
- Планы корректирующих мероприятий по результатам проверок;
- Отчеты о выполнении планов корректирующих мероприятий.

В ходе данной работы анализируются результаты административного и ведомственного контроля состояния СГУиК ЯМ, результаты инспекций. Контролируются результаты выполнения организациями выполнения корректирующих мероприятий по результатам инспекций и проверок. По результатам работы готовится ежегодная справка для руководства Росатома о состоянии и функционировании системы государственного учета и контроля ядерных материалов в Российской Федерации.

4. Решение задач контроля за обращением ядерных материалов

В рамках работы по контролю за обращением ядерных материалов в Российской Федерации анализируются следующие информационные потоки:

- Отчеты о движении ядерных материалов;
- Материалы об аномалиях, выявленных в учете и контроле ядерных материалов;
- Акты ведомственных проверок комиссиями Госкорпорации «Росатом» состояния систем учета и контроля ядерных материалов в организациях;
- Акты и предписания по результатам инспекций Ростехнадзора;

В ходе данной работы проверяется законность операций по обращению с ядерными материалами, анализируются случаи аномалий в учете и контроле, сопоставляется информация из разных источников о передачах ядерных материалов. По результатам работы готовится ежегодная справка для руководства Росатома о контроле за обращением ядерных материалов, содержащая предложения по совершенствованию СГУиК ЯМ.

5. Информационная поддержка выполнения Российской Федерацией международных соглашений в области атомной энергии

В связи с активностью России на международной арене в области мирного использования атомной энергии - динамично развивающееся направление. Основными информационными потоками являются:

- Уведомления об экспорте – импорте ядерных материалов;
- Отчеты установок, поставленных под гарантии МАГАТЭ;
- Отчеты МАГАТЭ о несогласованных передачах ядерных материалов;
- Уведомления и отчеты о движении ядерных материалов, находящихся под иностранными обязательствами.

Основными результатами работ по данному направлению являются:

- Подготовка и сверка отчетности в МАГАТЭ о экспорте – импорте;
- Контроль отчетности установок, поставленных под гарантии МАГАТЭ;
- Контроль отчетности о ядерных материалах, находящихся под иностранными обязательствами;
- Подготовка проектов годовых отчетов Российской Федерации, в соответствии с международными соглашениями.

Таким образом, созданный в СКЦ в 2005 году, информационный центр первоначально предназначенный для обслуживания функционирования ФИС, за прошедшее время превратился в структуру, действительно обеспечивающую информационную поддержку СГУиК ЯМ.

The Current Status of the Legal Regulatory Framework of the Russian State Nuclear Materials Control and Accounting System

V.A. Pitel, V.A. Romanov, A.V. Stepashko – *State Corporation “Rosatom”*, B.G. Ryazanov – *SFUE SSC RF - IPPE, Russia*

The the history of implementation and development of the legal regulatory framework for the Russian State Nuclear Materials Control and Accounting System should be considered. The list of the principal legal and regulatory documents, both of the federal and “Rosatom” levels, and their main regulations and requirements should be discussed. Some proposals should be formulated on the regulatory database improvement in view of basis of the preliminary analysis of its completeness.

Создание и развитие правовой нормативной базы российской системы государственного учета и контроля ядерных материалов

В.А. Питель, В.А. Романов, А.В. Степашко – УЯМ Госкорпорации «Росатом», Москва,

Б.Г. Рязанов, В.К. Горюнов – ФГУП «ГНЦ РФ ФЭИ»

АННОТАЦИЯ

В докладе представлена хронология создания и развития правовой нормативной базы российской системы государственного учета и контроля ядерных материалов, содержится перечень, основные положения и требования правовых документов, нормативных документов, как федеральных, так и документов Госкорпорации «Росатом». На основе результатов предварительного анализа полноты нормативной базы даны предложения по ее совершенствованию.

ВВЕДЕНИЕ

Начало создания правовой нормативной базы российской системы государственного учета и контроля ядерных материалов было положено в 1995 году Указом Президента Российской Федерации от 15 сентября 1994 г. N 1923 «О первоочередных мерах по совершенствованию системы учета и сохранности ядерных материалов» и постановлением Правительства Российской Федерации от 13 января 1995 г. N 34 «О первоочередных работах по разработке и внедрению государственной системы учета и контроля ядерных материалов на 1995 год».

Указом было предписано Правительству Российской Федерации в месячный срок принять постановление о разработке и внедрении государственной системы учета и контроля ядерных материалов, предусматривающей, в том числе, разработку государственных нормативных документов, и изыскать дополнительные средства для финансирования первоочередных мероприятий по разработке и внедрению государственной системы учета и контроля ядерных материалов (УиК ЯМ).

Перечень первоочередных работ по разработке и внедрению государственной системы учета и контроля ядерных материалов на 1995 год, одобренный постановлением Правительства Российской Федерации от 13 января 1995 г. N 34, предусматривал разработку концепции и положения о государственной системе учета и контроля ядерных материалов в июне 1995 года, а также разработку федеральной целевой программы по разработке и внедрению государственной системы УиК ЯМ (сентябрь 1995 года) и ведомственных нормативно-технических документов, определяющих порядок УиК ЯМ (декабрь 1995 года). Предстояло внедрить новые принципы УиК ЯМ, переработать правовую нормативную базу, документы «объектового» уровня.

В 1994 году были подписаны соглашения, предусматривающие сотрудничество России с США и ЕК в области учета и контроля ядерных материалов, в рамках которых, в том числе, начались разработки нормативных документов по УиК ЯМ. Сначала, при поддержке Евратома, в декабре 1995 года были разработаны проекты «Основных правил учета и контроля ядерных материалов» и «Концепции о государственной системе учета и контроля ядерных материалов», которые и послужили исходным материалом для разработки окончательных версий этих документов и проектов последующих документов.

Создание и развитие правовой и нормативной базы УиК ЯМ происходило практически одновременно. Первым правовым документом, в котором была установлена правовая основа и принципы регулирования отношений при УиК ЯМ, был Федеральный закон «Об использовании атомной энергии» (от 21 ноября 1995 года N 170-ФЗ).

Создание и развитие правовой базы УиК ЯМ.

Федеральным законом «Об использовании атомной энергии» (от 21 ноября 1995 года N 170-ФЗ) были определены объекты применения закона: ядерные установки, радиационные источники, пункты хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ, свежие и облученные тепловыделяющая сборки ядерных реакторов, ядерные материалы, радиоактивные вещества и радиоактивные отходы. Учет и контроль ядерных материалов был отнесен к одному из видов деятельности в области использования атомной энергии. Было установлено, что правила в области использования атомной энергии (в том числе УиК ЯМ) разрабатываются и утверждаются в [порядке](#), установленном Правительством Российской Федерации (см. постановление от 13 августа 1997 г. N 1009), и они должны учитывать рекомендации международных организаций в области использования атомной энергии, в работе которых принимает участие Российская Федерация.

В компетенцию органа управления использованием атомной энергии (ныне - Госкорпорация "Росатом") был включен государственный учет и контроль ядерных материалов, а орган государственного регулирования безопасности (ныне – Ростехнадзор) был наделен полномочиями утверждать и вводить в действие правила по УиК ЯМ и осуществлять надзор за системами единого государственного учета и контроля ядерных материалов.

В статье 22 закона были установлены задачи государственного УиК ЯМ (независимо от формы собственности):

определение наличного количества этих материалов, веществ в местах их нахождения;

предотвращение потерь, несанкционированного использования и хищений;

предоставление органам государственной власти, органам управления использованием атомной энергии и органам государственного регулирования безопасности информации о наличии и перемещении ЯМ, а также об их экспорте и импорте.

По сути, этим был определен переход в мирной деятельности от учета и контроля спецматериалов и специзделий к учету и контролю ядерных материалов.

В уголовный кодекс Российской Федерации Федеральным законом от 13 июня 1996 года N 63-ФЗ были введены статьи 220 и 221, предусматривающие уголовную ответственность за незаконное обращение с ядерными материалами или радиоактивными веществами и за хищение либо вымогательство ядерных материалов или радиоактивных веществ, соответственно. Формулировки этих статей предопределили многие положения нормативных документов по УиК ЯМ.

30 декабря 2001 года Федеральным законом N 195-ФЗ был введен «Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях», статья 9.6 которого предусматривает наложение административного штрафа на должностных и юридических лиц за нарушение установленного порядка учета [ядерных материалов](#), а в статье 19.5 установлены штрафы за невыполнение в установленный срок законного предписания органа (должностного лица), осуществляющего государственный надзор (контроль), об устранении нарушений законодательства.

В 2007 году была образована Госкорпорация «Росатом», правовое положение которой было установлено Федеральным законом от 1 декабря 2007 года N 317-ФЗ. Госкорпорация была уполномочена, в частности:

обеспечивать контроль обращения ЯМ в Российской Федерации;

вести государственный регистр ЯМ;

проводить проверки (инспекции) организаций;

принимать нормативные правовые акты в установленной сфере деятельности, регламентирующие порядок:

а) государственного УиК ЯМ, РВ и РАО,

б) УиК ЯМ, являющихся собственностью иностранных государств, иностранных юридических лиц и временно находящихся на территории Российской Федерации,

а также осуществлять государственный УиК ЯМ, РВ и РАО в порядке, установленном Правительством Российской Федерации, и обеспечивать проведение работ, связанных с функционированием, методическим обеспечением и совершенствованием системы государственного учета и контроля в этой сфере. Этот закон обязал Госкорпорацию «Росатом» не только вести учет ЯМ на федеральном уровне, но и обеспечивать функционирование системы государственного УиК ЯМ в целом, в том числе, создавать и развивать правовую нормативную базу. Для реализации этих функций и полномочий Госкорпорации «Росатом» было создано Управление ядерных материалов.

Важным правовым документом, определяющим требования к работникам, занятым обращением с ЯМ, УиК ЯМ, явился «Устав о дисциплине работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно-опасные и ядерно-опасные производства и объекты в области использования атомной энергии» (8 марта 2011 года N 35-ФЗ), установивший основные обязанности работников, в том числе, в отношении знания и соблюдения требований норм и правил, регламентов и инструкций в области использования атомной энергии, прохождения в установленном порядке подготовку, переподготовку и проверку знаний, обеспечивающие поддержание уровня квалификации. Эти требования были впоследствии отражены основных правилах УиК ЯМ (НП-030-12).

30 ноября 2011 года в федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» были внесены требования о государственном регулировании обеспечения единства измерений при осуществлении деятельности в области использования атомной энергии. Это требование предопределило порядок разработки, аттестации, сертификации методик и средств измерений, стандартных образцов, и, соответственно, требования, которые устанавливаются в нормативных документах в отношении системы измерений для УиК ЯМ и контроля качества измерений.

Создание и развитие нормативной базы УиК ЯМ.

Первым нормативным документом по УиК ЯМ явилась «Концепция государственного учета и контроля ядерных материалов», которая была одобрена постановлением Правительства Российской Федерации от 14 октября 1996 г. № 1205.

Она определила назначение, цели и принципы и основные требования УиК ЯМ, а также основные термины (ядерные материалы, специальные ядерные материалы, учет ЯМ, контроль ЯМ, ЗБМ, ФИ, баланс ЯМ, ИР и др.).

Задачи СГУиК ЯМ были сформулированы согласно закону «Об использовании атомной энергии».

В структуре государственного УиК ЯМ были определены следующие уровни:

- федеральный - Минатом и Минобороны России,
- ведомственный - федеральные органы исполнительной власти, в подчинении которых находятся организации, осуществляющие обращение ЯМ,
- уровень эксплуатирующей организации - администрация

Были определены надзорные органы:

- Госатомнадзор России - ЯМ для мирных целей;
- Минобороны России - ЯМ для ядерного оружия и ЯЭУ военного назначения;
- ГТК - контроль за перемещением ЯМ через границу.

Были установлены основные принципы функционирования системы государственного УиК ЯМ:

- УиК ЯМ независимо от их состава и состояния (свежие или облученные),

- разделение ЯМ и ЗБМ на типы и категории,
- ведение учетной документации, периодическую отчетность и анализ отчетных данных,
- возможность исправления учетных данных только путем внесения новой записи,
- возможность исправления отчетных данных только путем внесения новых отчетных документов,
- регулярные ФИ в ЗБМ и подведение баланса ЯМ,
- оценку итогов баланса путем сравнения величины ИР с ее допустимой величиной для каждой ЗБМ,
- проверки СГУиК органами управления и надзора,
- проверки получателем данных отправителя,
- а также требования к содержанию федеральных норм и правил по УиК ЯМ.

В приложении к концепции был приведен «Перечень ядерных и специальных неядерных материалов, подлежащих учету и контролю в Российской Федерации», который включал ядерные материалы:

- Плутоний,
- Уран (за исключением урана, содержащегося в руде),
- Торий (за исключением тория, содержащегося в руде),
- Нуклид Нептуний-237,
- Нуклид Америций-241,
- Нуклид Америций-243,
- Нуклид Калифорний-252,

и специальные неядерные материалы:

- Дейтерий,
- Тритий,
- Нуклид Литий-6.

Уран-235 был включен в перечень позднее в «Основные правила учета и контроля ядерных материалов», введенные в действие в 2001 году.

С 1996 года по настоящее время ведется интенсивная работа по созданию и совершенствованию нормативной базы УиК ЯМ. Финансовое обеспечение работ осуществляется в зависимости от вида документа как из средств программы сотрудничества с США, так и из российских источников. В рамках программы сотрудничества была создана совместная (российско-американская) рабочая группа по анализу нормативной базы и разработке документов. Подавляющее большинство документов разрабатывалось организациями Госкорпорации «Росатом» (Минатома России). Параллельно разрабатывались федеральные, «отраслевые» и «объектовые» документы. К настоящему времени уже введены в действие новые версии основных документов, разработано и введено в действие много документов, устанавливающих детальные требования к отдельным элементам системы УиК ЯМ. Ниже приведен перечень действующих нормативных документов, включая руководства Ростехнадзора, Госкорпорации «Росатом», по возможности, в хронологическом порядке. Указаны также предыдущие версии документов, которые были введены ранее Госатомнадзором и Минатомом России.

**Сводный перечень нормативной документации по УиК ЯМ
(жирным шрифтом выделены версии документов, действующие в настоящее время)**

	Наименование документа	Период разработки	Решение о введении документа
1. основополагающие нормативные документы			
1	Положение о системе государственного учёта и контроля ядерных материалов. При вводе Положения были отменены:	2007 - 2008	Постановление Правительства Российской Федерации от 06.05.2008 № 352
	Концепция системы государственного учета и контроля ядерных материалов	1995 - 1996	Постановление Правительства Российской Федерации от 14.10.1996 № 1205
	Правила организации системы государственного учета и контроля ядерных материалов	1997- 1998	Постановление Правительства Российской Федерации от 10.07.1998 № 746
	Положение о государственном учете и контроле ядерных материалов	1998 - 2000	Постановление Правительства Российской Федерации от 15.12.2000 № 962
	Примерное положение по учету и контролю ядерных материалов для предприятия Минатома России	2000 - 2001	Утверждено распоряжением от 04.10.2001
	Положение об учёте и контроле ядерных материалов в Министерстве Российской Федерации по атомной энергии.	2001 - 2002	Приказ по Минатому России от 15.05.2002
	Типовое положение по учету и контролю ЯМ на предприятиях	2000-2001	Распоряжение по Минатому России от 04.10.2001
2	Основные правила учета и контроля ядерных материалов (НП-030-12)	2006 - 2012	Приказ Ростехнадзора от 17.04.2012 №255, зарегистрированы в Минюсте России 17.08.2012 № 25210
	Основные правила учета и контроля ядерных материалов (НП-030-05). Были отменены при вводе правил НП-030-12.	2004-2005	Постановление Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26.12. 2005 № 19
	Основные правила учета и контроля ядерных материалов (НП-030-01). Были отменены при вводе правил НП-030-05.	1997 - 2001	Постановление Госатомнадзора России от 09.07.2001 № 7
	Временные основные правила учета и контроля ядерных материалов. Были отменены при вводе правил НП-030-01	1998 - 1999	введены в действие с 01.02.99
3	Формы отчета в области государственного учета и контроля ядерных материалов, порядок и периодичность представления отчетов	2008 - 2009	Приказ по Росатому от 09.10.2009
	Формы отчета в области государственного учета и контроля ядерных материалов и инструкции по их заполнению. Были отменены приказом по Росатому от 09.10.2009	1997 - 2001	Приказ по Минатому России от 21.08.2001
4	Форма государственного регистра ядерных материалов, находящихся в федеральной собственности	2008 - 2009	Утверждена приказом Госкорпорации «Росатом» от 30.01.2009 (зарегистрирован в Минюсте России от 02.03.2009 № 13457)
	Формы государственного и ведомственного регистров ядерных материалов Были отменены в 2009г.	1998 - 2001	Приказ по Минатому России от 12.07.2001 Согласованы Минимуществом России исх. № ЮМ-6/12410 от 29.06.2001

	Наименование документа	Период разработки	Решение о введении документа
5	Форма перечня ядерных материалов, находящихся в собственности юридических лиц Российской Федерации	2008-2009	Утверждена приказом Госкорпорации «Росатом» от 07.04.2009 (зарегистрирован в Минюсте России от 19.05.2009 № 13963)
6	Правила перевода ядерных материалов в радиоактивные вещества или радиоактивные отходы (НП-072-13)	2004 – 2013	Приказ по Ростехнадзору от 05.07.2013
	Правила перевода ядерных материалов в категорию радиоактивных отходов (НП-072-06)	2004 - 2006	Постановление Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12.12.2006 № 6
7	Требования к организации зон баланса материалов (НП-081-07)	2006 - 2007	Постановление Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 19.11.2007 № 2
	Рекомендации по выбору зон баланса ядерных материалов Были отменены при вводе правил НП-081-07	1998-1999	Распоряжение по Минатому России от 27.04.2000
8	Порядок регистрации зон отчетности	2007 - 2008	Приказ по Госкорпорации «Росатом» от 19.11.2008
9	О материальном учете ядерных материалов, находящихся в федеральной собственности	2007 - 2008	Приказ по Госкорпорации «Росатом» от 24.12.2008
2. Нормативно-технические документы			
	"Мониторы радиационные ядерных материалов. Общие технические условия."	1999-2000	Постановление Госстандарта от 3 августа 2000 г. № 200 (приказ по Минатому России от 9 октября 2000 г.)
11	ОСТ 95 10537-97 "Оснащение программно-аппаратное систем учета и контроля ядерных материалов. Общие требования"	1996-1997	Приказ по Минатому России от 07.10.97 г.
12	"Требования по защите от несанкционированного доступа к информации в автоматизированных системах учета и контроля ядерных материалов"	1996 - 1997	Совместное решение Минатома России и Гостехкомиссии России от 30 января 1997 г. (разосланы письмом по Минатому России от 6 августа 1998 г.)
13	Номенклатура оборудования и изделий для систем учета, контроля и физической защиты ядерных материалов, подлежащих обязательной сертификации в системе сертификации ОИТ	1998 - 2000	Совместный приказ по Минатому России, Госстандарту России и Госатомнадзору России от 24.04.2000
14	Терминологический словарь. Учет, контроль и физическая защита ядерных материалов.	2009 - 2011	Письмо заместителя генерального директора Госкорпорации «Росатом» 20.12.2011.
	Терминологический словарь. Учет, контроль и физическая защита ядерных материалов. Заменен следующей версией.	1996 - 1998	Распоряжение по Минатому России от 5.04.1999 г.

	Наименование документа	Период разработки	Решение о введении документа
15	Инструкция по физической инвентаризации ядерных материалов	2011 - 2013	Утверждена первым заместителем генерального директора Госкорпорации «Росатом» 01.07.2013
	ОСТ 95 10560-2001 «Система государственного учета и контроля ядерных материалов. Физическая инвентаризация ядерных материалов. Порядок проведения». Действие ОСТ прекращено письмом начальника УЯМ от 09.07.2013 № 1-45/24773	1998 - 2001	Приказ по Минатому России от 20.02.2001
	Методические указания по проведению физической инвентаризации и подведению баланса ядерных материалов. Были отменены при вводе ОСТ 95 10560-2001	1998 - 2000	Приказ по Минатому России от 20 февраля 2001
16	Методические указания по обнаружению, расследованию и регистрации аномалий и нарушений в учете и контроле ядерных материалов в организациях Госкорпорации «Росатом»	2010 - 2012	Письмо первого заместителя генерального директора Госкорпорации «Росатом» 06.11.2012
17	Положение о проведении проверок государственной системы учета и контроля ядерных материалов в организациях, осуществляющих обращение с ядерными материалами	2010 - 2012	Приказ по Госкорпорации «Росатом» от 30.11.2012
18	Положение о порядке организации контроля за обращением ядерных материалов в Российской Федерации	2009	Утверждено приказом по Госкорпорации «Росатом» от 09.10.2009
19	«Категории специалистов, подлежащих обучению в области учета и контроля ядерных материалов» и «Методические указания по организации и проведению подготовки и повышения квалификации персонала открытых акционерных обществ, учреждений, федеральных государственных унитарных предприятий, подведомственных Госкорпорации «Росатом», в области учета, контроля и физической защиты ядерных материалов»	2007 - 2009	Приказ по Госкорпорации «Росатом» от 20.04.2009
20	Функциональные обязанности категорий специалистов организаций Госкорпорации «Росатом» в области учета и контроля ядерных материалов	2010 - 2012	Письмо заместителя генерального директора Госкорпорации «Росатом» от 13.04.2012
21	Методические рекомендации по порядку формирования и представления информации о состоянии системы государственного учета и контроля ядерных материалов на уровне организации, осуществляющей обращение ядерных материалов	2010 - 2013	Утверждены распоряжением по Госкорпорации «Росатом» от 08.08.2012

	Наименование документа	Период разработки	Решение о введении документа
22	Рекомендации по применению систем пломбирования в организациях Госкорпорации «Росатом» для целей учета и контроля ядерных материалов. Было прекращено действие ОСТов 95 1055(6;7;8) - 2000	2008	Письмо первого заместителя генерального директора Госкорпорации «Росатом» от 11.09.2008
	ОСТ 95 10556-2000 "Система государственного учета и контроля ядерных материалов. Устройства индикации вмешательства. Основные положения"	1999-2000	Приказ по Минатому России от 05.02.2001
	ОСТ 95 10557-2000 "Система государственного учета и контроля ядерных материалов. Устройства индикации вмешательства. Общие технические условия"	1999-2000	Приказ по Минатому России от 05.02.2001
	ОСТ 95 10558-2000 "Система государственного учета и контроля ядерных материалов. Устройства идентификации устройств индикации вмешательства. Общие технические условия"	1999-2000	Приказ по Минатому России от 05.02.2001
23	Руководство по применению Основных правил учета и контроля ядерных материалов (ОПУК ЯМ). Первая версия (для НП-030-01) была разработана в декабре 2004г., но не была введена в действие в связи с вводом правил НП-030-05. В настоящее время заканчивается разработка новой версии (для НП-030-12).	2003 - 2013	
24	Методические рекомендации по составлению инструкции для лица материально-ответственного за ядерные материалы.	2004 - 2005	Утверждены заместителем Генерального директора Госкорпорации «Росатом» 08.08.2006
25	ОСТ 95 10571-2002 «УиК ЯМ. Система измерений. Основные положения»	2001 -2002	Приказ Министра Российской Федерации по атомной энергии от 13.06.2002
26	ГОСТ Р 8.703 – 2010 Учет и контроль ядерных материалов. Система измерений. Основные положения.	2008 - 2010	Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20.09.2010
27	ОСТ 95 10598-2008 Учет и контроль ядерных материалов. Типовая программа контроля качества измерений ядерных материалов	2006 - 2008	Приказ по Госкорпорации «Росатом» Дата введения 12.01.2008
28	ГОСТ Р 8.609-2004. «Стандартные образцы системы государственного учета и контроля ядерных материалов. Основные положения».	2002 - 2004	Госстандарт России, 2004 г.
29	ОСТ 95 10597-2005 «Система Государственного Учета и Контроля Ядерных Материалов. Аттестация стандартных образцов методом передачи размера»	2003 - 2006	Введен приказом по Госкорпорации «Росатом» с 01.01.2006г.

	Наименование документа	Период разработки	Решение о введении документа
30	ОСТ 95 10596-2005 «Система Государственного Учета и Контроля Ядерных Материалов. Межлабораторная аттестация стандартных образцов при малом количестве лабораторий»	2003 - 2005	Введен приказом по Госкорпорации «Росатом» с 19.09.2005г.
31	ГОСТ Р 8.609-2004 «ГСИ. Стандартные образцы системы государственного учета и контроля ядерных материалов. Основные положения»	2002 - 2004	Госстандарт России, 2004 г.
32	ГОСТ Р 8.609-2004 «Учет и контроль ядерных материалов. Контроль качества измерений. Основные требования»	2003 - 2005	Веден приказом по Федеральному агентству по атомной энергии с 01.06.2005
33	Стандарт отрасли "Нормы точности измерений в системе учета и контроля ЯМ". Разработан проект.	2011 - 2013	
34	Стандарт отрасли. "Пробоотбор. Общие требования и методы оценки погрешностей в системе учета и контроля ЯМ". Разработан проект.	2011 - 2013	

В разработке документов принимало участие большое количество специалистов центрального аппарата и организаций Госкорпорации «Росатом», управлений и региональных инспекций, научно-технического центра Ростехнадзора. Сотни документов были разработаны специалистами организаций, в которых в соответствии с документами «верхних» уровней установлены требования и критерии УиК ЯМ в организации и ЗБМ.

Принципы, требования и критерии УиК ЯМ установлены в «Положении о системе государственного учёта и контроля ядерных материалов» и в «Основных правилах учета и контролю ядерных материалов».

В настоящее время действует вторая редакция положения и четвертая редакция правил.

Первый проект правил был разработан специалистами Минатома и Госатомнадзора России в 1995г. в рамках сотрудничества ГАН-ЕВРАТОМ на основании практически полного набора действовавших в то время отечественных и зарубежных (МАГАТЭ, европейских и американских) документов по учету, контролю и физзащите ядерных материалов. За основу при разработке проекта правил были приняты положения, принципы и критерии, изложенные в стандарте Департамента энергетики США 5633.3В, имеющем аналогичное назначение. Практически без изменений были приняты критерии и требования для категорий ядерных материалов, для частоты инвентаризаций, для выбора ЗБМ, мер контроля доступа. Ряд критериев и требований были установлены с учетом действующих на российских предприятиях правил и требований. В первую очередь это относится к перечню ядерных материалов, началу учета и контроля, критериям для инвентаризационной разницы, порядку ведения учета, ведения отчетных документов. Действующие редакции положения и правил не только полностью отвечают требованиям рекомендаций МАГАТЭ, но и устанавливают более жесткие и детальные требования и критерии, и учитывают практику многолетнюю применения процедур УиК ЯМ, сложившуюся в российском ядерном комплексе.

Анализ сведений, приведенных в таблице, показывает, что для детализации и методического обеспечения требований и принципов УиК ЯМ, установленных положением и правилами, разработан практически исчерпывающий комплекс нормативных документов по всем аспектам УиК ЯМ, включая:

- формирование и управление системой УиК ЯМ организаций,

- ведение документов,
- измерения для УиК ЯМ,
- применение пломб для УиК ЯМ,
- физические инвентаризации и подведения баланса ЯМ,
- перевод ЯМ в РВ и РАО,
- контроль состояния УиК ЯМ,
- подготовка персонала, занятого УиК ЯМ,
- компьютеризация УиК ЯМ,
- обнаружение, расследование и регистрация аномалий и нарушений в УиК ЯМ.

Все основополагающие принципы, критерии и требования установлены федеральными документами, введенными Правительством Российской Федерации, Ростехнадзором, Госкорпорацией «Росатом» (Минатомом России). Детальные требования к УиК ЯМ содержатся в нормативных документах Госкорпорации «Росатом», в руководствах по безопасности, введенных Ростехнадзором. Ростехнадзор и Госкорпорация «Росатом» установили детальные требования и процедуры инспекций состояния УиК ЯМ в организациях. Детальные требования к административному («объектовому») контролю установлены в НП-030-12.

Около двух лет назад МАГАТЭ начало разработку технических руководств, в которых содержатся детальные рекомендации по критериям, процедурам и требованиям УиК ЯМ. Эти руководства разрабатываются экспертами стран, обладающих развитыми ядерными комплексами. Российские эксперты принимают активное участие в разработке документов. При обсуждении практически отсутствуют разногласия, как в самих рекомендациях, так и их формулировках. Это демонстрирует единство подходов в реализации гарантий МАГАТЭ и УиК ЯМ на ядерных установках.

В отличие от системы физзащиты, где определена «модель нарушителя» («проектная угроза»), у системы гарантий, системы УиК ЯМ таковых нет. Поэтому контроль состояния, функционирования систем УиК ЯМ в разных странах осуществляется по-разному. Общность подходов состоит в проверке состояния, функционирования отдельных элементов систем УиК ЯМ. Однако процедуры проверки на уровне организаций, ядерных установок разнятся. На ядерных установках, подведомственных Департаменту энергетики США, для проверки элемента в отдельных случаях вводят условные нарушения и/или признаки аномалий. Правилами НП-030-12 установлено, что «административный контроль состояния учета и контроля ЯМ в подразделении (в ЗБМ) проводится по утвержденным инструкциям, методикам, положениям». Таким образом, процедуры контроля устанавливаются организацией в зависимости от применяемых технологий, процедур УиК ЯМ. Возможно, следует проанализировать опыт контроля, применяемый в разных организациях, существующие методики контроля (проверок) функционирования элементов систем УиК ЯМ, и разработать методические рекомендации по осуществлению такого контроля.

Положением о системе государственного учета и контроля ядерных материалов материально ответственные лица, должностные лица, ответственные за учет ядерных материалов, персонально уполномочены вести учет и контроль подотчетных ЯМ. Госкорпорацией «Росатом» введены «Методические рекомендации по составлению инструкции для лица материально-ответственного за ядерные материалы». В правилах НП-030-12 впервые установлено требование, что «в организации должна быть создана служба (подразделение) учета и контроля ЯМ организации». Руководство организаций должно создавать такие службы (подразделения), исходя из структуры системы и объема работ по УиК ЯМ. Учитывая опыт прошлых лет, следует рассмотреть необходимость разработки примерного положения или методических рекомендаций по составлению положения о службе (подразделении) учета и контроля ЯМ организации.

Вышеупомянутые два документа могут оказаться наиболее актуальными в

настоящее время. Для более углубленного анализа необходимы усилия рабочей группы, составленной из экспертов организаций Госкорпорации «Росатом» и Ростехнадзора.

Заключение.

Созданная в результате многолетних работ правовая нормативная база российской системы государственного УиК ЯМ, отвечает требованиям гарантий нераспространения ядерного оружия и обеспечивает сохранность ЯМ путем детальных требований и критериев как к системам УиК ЯМ организаций в целом, так и к их отдельным элементам. Структура базы и ее составляющие позволяют обеспечить долгосрочное и надежное функционирование государственной системы и систем УиК ЯМ организаций.

Для разработки плана по совершенствованию нормативной базы необходимо выполнить детальный анализ существующих документов, потребностей организаций в методических рекомендациях. Традиционным подходом для решения этой задачи является создание и организация работы межведомственной рабочей группы экспертов.

NMC&A Regulatory Framework

E.P. Subbotin – *SEC NRS, Rostekhnadzor RF, Moscow*

Consideration of main documents that form the NMC&A regulatory framework (Federal Law №170-FZ «On the Use of Atomic Energy», Resolution of the Russian Federation Government N352 as of May 6, 2008, «On Approval of the State NMC&A System Regulations», NP-030-12, NP-081-07, NP-072-08, Safety Guidelines) is supposed.

The role and functions of the Federal Service for Ecological, Technological and Nuclear Supervision (Rostekhnadzor) and the SEC NRS pertaining to the NMC&A System should be discussed.

An overview of the NMC&A documents currently under development at the SEC NRS is also supposed.

«Нормативная база в области учета и контроля ядерных материалов»

Субботин Е.П. начальник лаборатории отдела учета, контроля и физической защиты ЯМ и РВ, ФБУ «НТЦ ЯРБ», к.т.н.

Основополагающим для системы государственного учета и контроля ядерных материалов является Федеральный закон №170 «Об использовании атомной энергии», который определяет правовую основу и принципы регулирования отношений, возникающих при использовании атомной энергии. Данный закон направлен на защиту здоровья и жизни людей, охрану окружающей среды, защиту собственности при использовании атомной энергии, призван способствовать развитию атомной науки и техники, содействовать укреплению международного режима безопасного использования атомной энергии.

Согласно статьи 22 данного закона, которая носит название «Государственный учет и контроль ядерных материалов, радиоактивных веществ и радиоактивных отходов» – ядерные материалы независимо от формы собственности подлежат государственному учету и контролю в системе государственного учета и контроля ядерных материалов для определения наличного количества этих материалов в местах их нахождения, предотвращения потерь, несанкционированного использования и хищений, предоставления органам государственной власти, органам управления использованием атомной энергии и органам государственного регулирования безопасности информации о наличии и перемещении ядерных материалов, а также об их экспорте и импорте. В этой же статье говорится, что порядок организации системы государственного учета и контроля ядерных материалов определяется Правительством Российской Федерации. А именно – Постановлением Правительства Российской Федерации №352 от 6 мая 2008 года «Об утверждении Положения о системе государственного учета и контроля ядерных материалов». Данное постановление определяет порядок организации системы государственного учета и контроля ядерных материалов и порядок осуществления учета и контроля ядерных материалов. Постановление №352 является обязательным для выполнения всеми

юридическими лицами независимо от их организационно-правовой формы и формы собственности на ядерные материалы, осуществляющими деятельность по производству, использованию, переработке, хранению, транспортированию и перемещению через таможенную границу Российской Федерации ядерных материалов, а также органами государственного управления использованием атомной энергии и органами государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии.

Рассмотрим, какое место в системе государственного учета и контроля ядерных материалов занимает Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. Статья 3 Постановления Правительства Российской Федерации от 3 июля 2006 года №412 «О федеральных органах исполнительной власти и уполномоченных организациях, осуществляющих государственное управление использованием атомной энергии и государственное регулирование безопасности при использовании атомной энергии» определяет, что Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) наряду с некоторыми Министерствами и Федеральными службами Российской Федерации осуществляет государственное регулирование безопасности при использовании атомной энергии.

Согласно статьи 26 Постановления Правительства Российской Федерации от 06 мая 2008 года №352 «Об утверждении Положения о системе государственного учета и контроля ядерных материалов» – Федеральные органы исполнительной власти, уполномоченные осуществлять государственное регулирование ядерной, радиационной, технической и пожарной безопасности при использовании атомной энергии, в пределах своих полномочий:

осуществляют надзор за системой государственного учета и контроля ядерных материалов;

разрабатывают, утверждают и вводят в действие в порядке, определенном Правительством Российской Федерации, федеральные нормы и правила в области государственного учета и контроля ядерных материалов.

Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии – согласно статьи 6 Федерального закона №170 «Об использовании атомной энергии» – это нормативные правовые акты, устанавливающие требования к безопасному использованию атомной энергии, включая требования безопасности объектов использования атомной энергии, требования безопасности деятельности в области использования атомной энергии, в том числе цели, принципы и критерии безопасности, соблюдение которых обязательно при осуществлении деятельности в области использования атомной энергии. Федеральные нормы и правила являются обязательными для всех лиц, осуществляющих деятельность в области использования атомной энергии, и действуют на всей территории Российской Федерации.

Основополагающими в системе учета и контроля ядерных материалов являются нормы и правила «Основные правила учета и контроля ядерных материалов» (НП-030-12), которые устанавливают основные принципы, требования и критерии государственного учета и контроля ядерных материалов и специальных неядерных материалов в любых химических соединениях и физических формах. В данных федеральных нормах и правилах определены: общие требования государственного учета и контроля ядерных и специальных неядерных материалов, а именно какие ядерные и специальные неядерные материалы, подлежат учету и контролю; порядок постановки на учет и снятие с учета ядерных и специальных неядерных материалов; порядок установки категории ядерных материалов, зон баланса материалов и ключевые точки измерений. Также приводятся требования к передаче ядерных материалов, а именно по документированию получения и отправления ядерных материалов при их передаче между организациями, оценке расхождений данных отправителя и получателя; требования по проведению физической инвентаризации, подведению материального баланса и оценки инвентаризационной разницы ядерных материалов в зоне баланса материалов; приводятся критерии аномалий в учете и контроле ядерных материалов. Кроме того, данные нормы и правила определяют

организацию измерений ядерных материалов, учетные и отчетные документы, учет и контроль ядерных материалов в организациях.

Помимо «Основных правил учета и контроля ядерных материалов» (НП-030-12) в области учета и контроля ядерных материалов имеются федеральные нормы и правила НП-081-07 «Требования к организации зон баланса материалов» и НП-072-13 «Правила перевода ядерных материалов в радиоактивные вещества или радиоактивные отходы», которые вступили в действие с 8 ноября 2013 года.

В целях содействия соблюдению требований норм и правил в области использования атомной энергии разрабатываются, утверждаются и вводятся в действие органами государственного регулирования безопасности Руководства по безопасности (статья 6 Федерального закона №170 «Об использовании атомной энергии»). Руководства по безопасности при использовании атомной энергии содержат рекомендации по выполнению требований норм и правил в области использования атомной энергии, в том числе по методам выполнения работ, методикам, проведению экспертиз и оценке безопасности, а также разъяснения и другие рекомендации по выполнению требований безопасности при использовании атомной энергии.

В области учета и контроля ядерных материалов на настоящий момент имеются следующие руководства по безопасности.

РБ-056-10 Положение о проведении физических инвентаризаций ядерных материалов, утвержденное приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 16 марта 2010 г. №166.

РБ-052-10 Положение о переводе ядерных материалов в категорию радиоактивных отходов, утвержденное приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 8 июня 2010 г. №466.

РБ-065-11 Положение о порядке получения данных по количеству ядерных материалов для подведения их баланса и итогов физической инвентаризации в зонах баланса материалов, утвержденное приказом

Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14 сентября 2011 г. №534.

РБ-066-11 Положение о применении методов математической статистики для учета и контроля ядерных материалов, утвержденное приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14.09.2011 г. №535.

РБ-082-13 Расследование и учет аномалий в учете и контроле ядерных материалов на объектах использования атомной энергии, утвержденное приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 18 февраля 2013 г. №72.

Кроме того, в настоящее время ведутся разработки в рамках международного сотрудничества еще двух руководств по безопасности – «Организация проведения физической инвентаризации ядерных материалов» и «Рекомендации по использованию пломб в учете и контроле ядерных материалов».

The final results of establishing and the plans for development of the personnel training system on Nuclear Materials Control and Accounting

V.A. Pitel, V.A. Romanov, A.V. Stepashko – *State Corporation “Rosatom”*, B.G. Ryazanov – *SFUE SSC RF - IPPE, Russia*

Long-term and sustainable functioning of the State System of Nuclear Materials Control and Accounting (SSMC&A) is impossible without ensuring the due qualification of the personnel and methodological support of the enterprises in the system elements' operation and enhancement. That is why long-term and sustainable functioning of the training system for the MC&A personnel appears one of the basic conditions for the entire system sustainability.

The major role and workload in these activities is assigned to RMTC that puts in practice the professional advancement of MC&A specialists, sharing experience of US, EU and Russian specialists as well as methodological and administrative assistance to implementation of numerous international and national projects on MC&A systems' enhancement.

The final results of establishing and plans for development, the basic conditions of long-term and sustainable functioning of the training system for the MC&A personnel as one of the major elements of the Russian State MC&A System should be discussed. Special consideration should be given to the RMTC methodological assistance to the organizations in on-the-job personnel training and implementation of MC&A elements and procedures.

Итоги создания и планы развития системы подготовки персонала по учету и контролю ядерных материалов

Б.Г. Рязанов, В.К. Горюнов, В.В. Таланов – ФГУП «ГНЦ РФ ФЭИ», Обнинск, Россия

АННОТАЦИЯ

Долгосрочное и устойчивое функционирование государственной системы учета и контроля ядерных материалов (УиК ЯМ) невозможно без обеспечения надлежащей квалификации персонала и методической поддержки предприятий в функционировании и развитии элементов систем. Именно поэтому долгосрочное и устойчивое функционирование системы подготовки персонала по учету и контролю ядерных материалов является одним из основных условий устойчивого функционирования системы в целом.

Основная роль и нагрузка в этой деятельности отведена УМЦУК, который осуществляет повышение квалификации специалистов по УиК ЯМ, обмен опытом специалистов США, Европы и России, а также методическое и административное содействие выполнению многих международных и отечественных проектов по совершенствованию систем УиК ЯМ.

В докладе представлены итоги создания и планы развития, основные условия долгосрочного и устойчивого функционирования системы подготовки персонала по УиК ЯМ, как одного из важнейших элементов российской системы государственного УиК ЯМ. Особое внимание уделено методическому содействию УМЦУК организациям в подготовке персонала «на местах» и во внедрении элементов и процедур учета и контроля ядерных материалов.

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛА ПО УИК ЯМ

К началу 90-х годов в атомной отрасли СССР была создана развитая система подготовки кадров всех необходимых специальностей и квалификаций. Она включала в себя высшие и среднетехнические учебные заведения (ВУЗы и техникумы), институты повышения квалификации, а также учебно-производственные подразделения предприятий. В то время требования к УиК ЯМ были ориентированы на обеспечение в основном, сохранности спецматериалов и специзделий, сведений, составляющих государственную тайну. Определение масс и параметров продуктов, ЯМ было обязанностью технологов и бухгалтеров, количество работников, занятых УиК ЯМ, было невелико, и им не требовалось обладать обширными знаниями в отношении определения параметров продуктов, ЯМ, ведения отчетных и учетных документов, процедур физических инвентаризаций. Если для повышения квалификации специалистов по физзащите был создан Межотраслевой учебный центр (МСУЦ) кафедры в филиалах Центрального института повышения квалификации (ЦИПК), то подготовка работников по УиК ЯМ, в основном, теоретического плана осуществлялась на периодических курсах в ЦИПК, г. Обнинск.

Указом президента Российской Федерации от 15 сентября 1994 г. № 1923 «О первоочередных мерах по совершенствованию системы учета и сохранности ядерных материалов» было положено начало коренному преобразованию системы УиК ЯМ.

Указ предписывал разработать и внедрить государственную систему учета и контроля ядерных материалов, предусматривающую:

- разработку государственных нормативных документов;
- создание государственной информационной системы учета ядерных материалов;
- укрепление государственной инспекционной службы;

разработку современных технических средств контроля ядерных материалов;
выполнение международных обязательств в области нераспространения ядерного оружия.

Правительству Российской Федерации следовало определить первоочередные мероприятия по разработке и внедрению государственной системы учета и контроля ядерных материалов и выделить средства для их финансирования.

Перечень первоочередных работ по разработке и внедрению государственной системы учета и контроля ядерных материалов на 1995 год был одобрен постановлением правительства российской федерации от 13 января 1995 г. № 34. Он предусматривал «разработку положения и структуры учебно-методического центра для подготовки специалистов по учету и контролю ядерных материалов».

За год до этого, 29 апреля 1994г., Минатом России принял решение о создании Учебно-методического центра подготовки персонала по учету и контролю ядерных материалов на базе ФЭИ, МСУЦ и ЦИПК, на основании которого были приняты первые организационные меры и выпущены необходимые распорядительные документы. Базовой организацией, ответственной за создание и функционирование был определен ФЭИ, в котором имелись необходимые специалисты, ядерные материалы, радиоактивные вещества и источники, установки с инженерными системами.

Департамент энергетики США и Европейская комиссия поддержали идею создания УМЦУК и включили в межправительственные соглашения с Россией («Нанна-Лугара» и ТАСИС) программы сотрудничества с Россией проекты, в которых предусматривалась подготовка преподавателей, оснащение Центра современной техникой контроля ядерных материалов и методическими материалами, а также участие на начальном этапе в качестве преподавателей специалистов из США, Европы и России. В создании и развитии системы подготовки кадров по УиК ЯМ, и, главным образом, УМЦУК, в той или иной степени, принимали участие все шесть «ядерных» национальных лабораторий США и два института Объединенного исследовательского центра Европейской комиссии (ОИЦ ЕК). Координацию деятельности осуществляли соответствующие отделы центральных аппаратов Департамента энергетики США и генерального директората ОИЦ ЕК.

Значимость этого сотрудничества была отмечена первым Президентом Российской Федерации Б.Н. Ельциным на московской встрече на высшем уровне по ядерной безопасности 19-20 апреля 1996 года в Москве.

УМЦУК был создан и функционирует во исполнение приказа Министра Российской Федерации по атомной энергии от 24.05.1996г № 312 и совместного решения Минатома и Госатомнадзора России «О создании учебно-методического центра подготовки специалистов по учету и контролю ядерных материалов» от 8 февраля 1996 года.

Положение УМЦУК было утверждено Министром Российской Федерации по атомной энергии 06.11.1996г. В положении были определены следующие задачи УМЦУК:

- повышение профессиональных знаний и квалификации специалистов по учету и контролю ядерных материалов;
- оказание научно-технической помощи предприятиям, организациям и ведомствам при разработке и внедрении организационных и технических мер систем учета и контроля ядерных материалов;
- верификация методов и технических средств измерения массы и содержания ядерных материалов и нуклидов, предназначенных для учета и контроля ядерных материалов.

В рамках сотрудничества с США в МИФИ (1997г.) и ТПУ (2005г.) были созданы и оснащены кафедры, на которых осуществлялось обучение студентов специальности «Учет,

контроль и физическая защита ядерных материалов». Часть студентов проходила в УМЦУК дополнительное обучение на курсах, а также преддипломную и дипломную практику. Это позволяло выпускать в год 5-10 хорошо подготовленных молодых специалистов по УиК ЯМ.

В ЦИПК и его филиалах, традиционно проводилась предлицензионная подготовка по руководителей организаций и их заместителей по безопасности, а начиная с 2009 года, была организована специальная подготовка для получения свидетельства на право ведения работ в области использования атомной энергии, а также стали проводиться курсы и занятия по культуре безопасности для работников ядерных установок, что позволило существенно повысить уровень культуры УКиФЗ ЯМ в организациях.

Специалисты УМЦУК при содействии сотрудников зарубежных лабораторий разработали программы и методические материалы курсов по всем аспектам УиК ЯМ. Методические материалы разрабатывались на основе проектов российских нормативных документов, методических, научно-технических материалов зарубежных центров и лабораторий. Уже в 1998 году в УМЦУК прошли повышение квалификации более 550 работников. После ввода в действие основополагающих документов по УиК ЯМ В 2004г. ГНЦ РФ-ФЭИ впервые получил лицензию на право осуществления краткосрочного (72 часа) повышения квалификации персонала по УиК ЯМ по 18 программам, объединяющим 34 курса.

В рамках «Тематического плана повышения квалификации заместителей руководителей объектов использования атомной энергии по учету и контролю ядерных материалов» УМЦУК обеспечивает повышение квалификации руководителей служб УиК ЯМ и заместителей главных инженеров АЭС концерна РЭА.

С (2008 года) в ЦИПК, г. Обнинск были организованы курсы для преподавателей и инструкторов по УКиФЗ ЯМ. В первую очередь они предназначены специалистам организаций, занятых обучением работников в учебно-производственных подразделениях организаций, осуществляющих обращение с ядерными материалами.

Важный вклад в координацию работ по совершенствованию системы подготовки персонала по УиК ЯМ внесла совместная (Россия-США) рабочая группа по обучению персонала УКиФЗ ЯМ. Ее деятельность была направлена на координацию этих работ, осуществляемых, как по УиК ЯМ, так и по физзащите, на организацию обмена опытом американских и российских специалистов, внедрение системного подхода к обучению, разработки плана работ по долгосрочному и эффективному функционированию системы подготовки персонала по УКиФЗ ЯМ. Члены этой рабочей группы принимали самое активное участие в разработке всех нормативных документов Госкорпорации «Росатом» по подготовке персонала по УиК ЯМ.

Рабочими группами специалистов предприятий Госкорпорации «Росатом», МСУЦ, УМЦУК и ЦИПК были разработаны и введены в действие приказом по Госкорпорации «Росатом» от 20.04.2009 «Категории специалистов, подлежащих обучению в области учета и контроля ядерных материалов» и «Методические указания по организации и проведению подготовки и повышения квалификации персонала открытых акционерных обществ, учреждений, федеральных государственных унитарных предприятий, подведомственных Госкорпорации «Росатом», в области учета, контроля и физической защиты ядерных материалов». Были также разработаны и введены в действие письмом заместителя генерального директора Госкорпорации «Росатом» от 13.04.2012 «Функциональные обязанности категорий специалистов организаций Госкорпорации «Росатом» в области учета и контроля ядерных материалов». Эти документы обеспечили нормативную базу по применению системного подхода к обучению УиК ЯМ работников организаций Госкорпорации «Росатом». В настоящее время в целях унификации подготовки специалистов в учебных центрах и подразделениях организаций разрабатываются «Типовые учебные

программы подготовки и повышения квалификации работников, занятых учетом и контролем ядерных материалов».

В настоящее время преподавателями и инструкторами только в УМЦУК являются специалисты ГНЦ РФ-ФЭИ, департаментов и организаций Госкорпорации «Росатом», сотрудники региональных инспекций и центрального аппарата Ростехнадзора, специалисты других российских организаций. Всего в учебной деятельности УМЦУК участвуют более 150 специалистов из 31-й российской организации.

Количество специалистов из России, ЕК и США, принявших в разные годы участие в проведении обучения в УМЦУК, составляет около 250 человек.

УЧЕБНАЯ БАЗА И ОБОРУДОВАНИЕ

Для обучения практическим навыкам работы в УМЦУК созданы и оснащены оборудованием, приборами и программным обеспечением шесть лабораторий:

- Лаборатория компьютеризации учета и контроля ЯМ (оснащена в рамках контрактов с ПННЛ США)
- Лаборатория неразрушающих методов и средств контроля ядерных материалов (оснащена в рамках контрактов с ПННЛ США и ОИЦ ЕК)
- Лаборатория калибровки весов (оснащена в рамках контрактов с ОИЦ ЕК)
- Лаборатория штрих-кодовых средств и технологий (оснащена в рамках контрактов с ПННЛ США)
- Лаборатория калибровки емкостей (оснащена в рамках контрактов с ОИЦ ЕК)
- Лаборатория контроля доступа к ядерным материалам (оснащена в рамках контрактов с ПННЛ США)

Лаборатория неразрушающих методов и средств контроля ядерных материалов

Располагает стандартными и рабочими образцами ядерных материалов, радиоактивными источниками, различными гамма-спектрометрами, в том числе отечественными, для определения изотопного состава урана и плутония, активными и пассивными счетчиками нейтрон-нейтронных совпадений для измерения массы урана-235 и плутония в учетных единицах; установками для измерения массы плутония и урана-235 в контейнерах с отходами, активными воротниковыми счетчиками, калориметром и комплексным денситометром.

Имеется широкий спектр государственных стандартных образцов (ГСО) массы и изотопного состава диоксидов урана и плутония; ГСО твэлов и ТВС реакторов БН-600, ВВЭР-440 и РБМК. Лаборатория располагает моделями оборудования и специальными образцами для проведения курсов по измерению массы отложений урана-235 и плутония в технологическом оборудовании, по неразрушающего анализу проб растворов комплексным денситометром.

Лаборатория калибровки емкостей

Оснащена необходимыми инженерными системами, оборудованием и моделями емкостей для обучения и испытаний методик калибровки емкостей, измерения уровня и плотности растворов в технологических аппаратах различной формы и назначения.

Лаборатория калибровки весов

Оснащена электронными взвешивающими платформами двух типов, стандартными образцами массы двух классов, необходимым компьютерным оборудованием и программным

обеспечением. Лаборатория предназначена для обучения и разработки методик калибровки весов, позволяющих определять как суммарную погрешность взвешивания, так и ее случайную и систематическую составляющие.

Лаборатория штрих-кодовых средств и технологий

Оснащена оборудованием фирмы Intermec и программным обеспечением для нанесения, считывания и обработки штрих-кодовой информации. В лаборатории создана локальная компьютерная сеть, позволяющая обучать слушателей навыкам использования проверок и инвентаризаций учетных единиц с помощью штрих-кодовых средств и электронных весов.

Лаборатория компьютеризации УиК ЯМ

Располагает двумя компьютерными классами, оснащена современной компьютерной техникой и программным обеспечением. Локальная вычислительная сеть имеет доступ в Интернет. Позволяет проводить практические занятия по проектированию, разработке и внедрению специального программного обеспечения, необходимого для УиК ЯМ, а также по использованию моделей компьютерных систем УиК ЯМ установок различных типов.

УЧЕБНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Регулярное обучение работников предприятий ядерного комплекса России началось в УМЦУК с 1995 года. Объем повышения квалификации в УМЦУК составляет 500 – 600 человеко-курсов в год (см. диаграмму). Программа обучения УМЦУК охватывает все аспекты УиК ЯМ, включает 41 курс, объединенных в семь учебных циклов: базовые курсы, контроль доступа, неразрушающий контроль, статистические методы, программное обеспечение, инспекции, специализированные курсы. Краткосрочное повышение квалификации специалистов по УиК ЯМ в учебных центрах проводится в соответствии с условиями действия лицензий на осуществление краткосрочного повышения квалификации. Качество обучения обеспечивается системным подходом и современными методами обучения. Уровень знаний слушателей тестируется в начале и по завершении каждого курса с помощью специальных вопросников, упражнений и компьютерных программ. Ключевую роль во всех курсах играют практические занятия. Особенно важны они в курсах по штрих-кодам и неразрушающему анализу. Практические занятия курсов по НРА проводятся в лаборатории и включают обучение эксплуатации приборов и выполнение измерений с использованием соответствующих приборов и установок, а также самостоятельные контрольные измерения «неизвестных образцов».

ИТОГИ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УМЦУК К 1 СЕНТЯБРЯ 2013 ГОДА

Обучение проходят работники 112 российских организаций

- Проведено 742 учебных курсов
- Слушателями курсов были 4725 работников,
 - из них около 8% инспекторов Ростехнадзора.
- Объем обучения составил 7029 человеко-курсов,
 - из них около 12% для инспекторов Ростехнадзора.
- Подготовка проводилась более чем по 40 различным курсам

- В среднем число освоенных курсов инспекторами Ростехнадзора 3; операторами - 1.9
- В курсах и семинарах УМЦУК участвовали специалисты из более 100 организаций России, Казахстана, Литвы, Армении, Украины, Белоруси и др.



Рис.1. Объем обучения в УМЦУК по годам (человек-курсов).

Методическое содействие совершенствованию системы УиК ЯМ

УМЦУК осуществляет не только обучение российских специалистов и обмен опытом между специалистами США, Европы и России, но и методическое и административное содействие выполнению многих проектов по совершенствованию УиК ЯМ.

Наиболее показательны и значимы результаты УМЦУК в совершенствовании государственного надзора, контроля Госкорпорацией «Росатом» состояния УиК ЯМ в организациях, в разработке федеральных и отраслевых документов – этих главных проектов в развитии российской системы государственного учета и контроля ядерных материалов.

Роль УМЦУК является определяющей в разработке федеральных «Основных правил учета и контроля ядерных материалов», других федеральных и отраслевых нормативных документов по ГУиК ЯМ.

Совместно с программистами Технологического университета Вирджинии (г. Блэксбург, США) специалисты УМЦУК разработали и передали предприятиям ПО «ART», которое существенно облегчает разработку положений, инструкций, руководств по УиК ЯМ. Пользователи программного обеспечения могут изменять предложенные шаблоны с учетом специфики своих установок и систем УиК ЯМ. Оно позволяет обеспечивать унификацию документов.

Было разработано и передано предприятиям ПО «ЭКЗАМЕНАТОР», которое позволяет: упростить и ускорить процедуру проверки знаний и предоставить в удобной графической форме обобщенные результаты тестирования.

Для обеспечения самоподготовки работников по УиК ЯМ УМЦУК был разработан и разослан в организации в мае этого года курс на лазерном диске «Основы учета и контроля ядерных материалов», содержащий видео и аудиоматериалы, программу тестирования, а также нормативные документы.

В соответствии с «Функциональными обязанностями категорий специалистов организаций Госкорпорации «Росатом» в области учета и контроля ядерных материалов» и «Методическими указаниями по организации и проведению подготовки и повышения квалификации персонала открытых акционерных обществ, учреждений, федеральных государственных унитарных предприятий, подведомственных Госкорпорации «Росатом», в области учета, контроля и физической защиты ядерных материалов» специалисты УМЦУК разрабатывают методические материалы и проводят курсы для отдельных категорий специалистов. Уже разработаны материалы для следующих категорий:

- заместителей руководителя объекта и руководителей службы по учету и контролю ядерных материалов, начальники цехов, отделений и их заместители,
- административных руководителей зон баланса материала и их заместителей,
- работников, обеспечивающих и ответственных за подготовку и проведение физических инвентаризаций,
- ответственных хранителей ядерных материалов, материально ответственных лиц за ядерные материалы,
- работников, осуществляющих объектовый контроль учета и контроля ядерных материалов.

Разрабатываются методические материалы курсов для следующих категорий:

- работники, обеспечивающие и ответственные за проведение передач ядерных материалов,
- уполномоченные (инженеры) по учету ядерных материалов в зонах баланса материалов,
- работники, обеспечивающие и ответственные за измерения ядерных материалов и контроль качества измерений для целей учета и контроля ядерных материалов,
- специалисты, ответственные за статистический анализ результатов измерений при передачах, инвентаризациях, других процедурах учета и контроля ядерных материалов.

По мере массового внедрения современных методик и средств в практику УиК ЯМ ядерных установок возрастают потребности в методической помощи УМЦУК предприятиям. В настоящее время эти услуги оказываются в области разработки федеральных норм и правил, нормативных документов, разработки и внедрении методик гамма-контроля ЯМ.

В рамках проектов МНТЦ и программы TACIS, а также договоров с организациями УМЦУК внес значительный вклад:

- в совершенствование системы УиК ЯМ на РХЗ СХК и ПО «Маяк»;
- в разработку и тестирование МИ и СИ НРА, используемых специалистами предприятий (завода РТ-1 ПО «Маяк», ГХК, МСЗ) и инспекторами Ростехнадзора;
- в разработку и применение СО, организацию деятельности рабочей группы по СО;
- в разработку положения по УиК ЯМ и инструкций концерна РЭА и АЭС;
- в испытания приборов и методик НРА при проведении инспекций Ростехнадзора,
- в разработку и внедрение методик и приборов для контроля отложений накоплений урана-235 и плутония.

В настоящее время УМЦУК ведет интенсивные работы по совершенствованию:

- федеральных и отраслевых нормативных документов по УиК ЯМ,

- контроля Госкорпорации «Росатом» и объектового контроля.

Потребности предприятий в обучении

Ввод в действие редакций «Основных правила учета и контроля ядерных материалов» (сначала НП-030-01, затем НП-030-12) явился определяющим фактором для всей системы подготовки персонала по УиК ЯМ, конечно, и для деятельности УМЦУК. Особенно для переработки, обновления и проведения курсов повышения квалификации.

Важным средством и источником данных для управления деятельностью УМЦУК была и останется обратная связь с организациями и специалистами, которые пользуются услугами УМЦУК, в первую очередь, в области повышения квалификации. Такая связь осуществляется посредством следующих мероприятий:

- разработка планов проверки выполнения и уточнение требований к обучению,
- ежегодные запросы на предприятия о потребностях в обучении по УиК ЯМ,
- анкетирование слушателей курсов и участников совещаний,
- регулярные семинары для специалистов, ответственных за обучение по УиК ЯМ в организациях,
- целенаправленная работа по оценке потребностей в обучении УиК ЯМ операторов, ведомственных инспекторов, инспекторов надзорных органов.

Выполненные в 2005 году оценки потребностей российских организаций в обучении по УиК ЯМ определили новые направления в совершенствовании подготовки персонала и требуемые объемы обучения [2] (от 900 до 1100 человеко-курсов в год). Примерно половина этих потребностей приходится на работников, непосредственно занятых обращением с ЯМ (рабочих и техников).

В настоящее время ежегодная оценка потребностей в обучении специалистов предприятий по УиК ЯМ выполняется на основании данных, представляемых организациями в УАМ о состоянии подготовки персонала на 1 марта каждого года в соответствии с методическими рекомендациями, введенными в 2012г., а также представляемых организациями в конце каждого года в УМЦУК о количестве работников, которое планируется направить на тот или иной курс. Статистические данные о потребностях в обучении свидетельствуют о стабильной потребности в обучении практически по всем дисциплинам, наибольшее количество работников нуждается в обучении на базовых курсах и курсах по неразрушающему анализу.

Результаты анализа данных о подготовке работников, занятых УиК ЯМ по состоянию на 01.03.2013 года, предоставленных организациями Госкорпорации «Росатом», позволили сделать следующие выводы:

1) Количество работников, занятых УиК ЯМ в организациях, представивших данные, составляет – около 10 тыс., в том числе в НИИ – около 3 тысяч.

Наибольшее количество работников занято непосредственными работами с ЯМ – около 3 тысяч. Количество руководящих работников составляет около 500. Уполномоченных по УиК ЯМ в ЗБМ и материально-ответственных лиц – суммарно около 900, обеспечивающих и ответственных за измерения – около 300. Примерно половина от этих количеств сосредоточена в 10 НИИ, не имеющих достаточных средств на подготовку.

2) Примерно половина работников в 2012 году прошла обучение УМЦУК (около 400 чел), почти столько же в учебно-производственных подразделениях организаций (около 330 чел.) и около 10% (40 чел.) – суммарно в ЦИПК, МСУЦ, ВНИИЭФ.

Количество работников, планируемое для обучения в 2013 году, практически совпадает с количеством работников, прошедших обучение в 2012 году.

3) Поскольку около половины работников (в первую очередь, непосредственно работающих с ЯМ) проходит подготовку в учебно-производственных подразделениях организаций, необходимо обеспечить качество этой подготовки, отвечающее системному подходу к обучению (СПО), определенному Приложением № 2 к приказу Госкорпорации «Росатом» от 20 апреля 2009 г. № 248. Важным вкладом в обеспечение качества подготовки работников в учебно-производственных подразделениях организаций является курс «Основы УиК ЯМ» на лазерном диске, разработанный УМЦУК и разосланный в организации, и типовые программы подготовки, которые планируется разработать и ввести в действие в течение 2013г., а также методические материалы курсов для подготовки отдельных категорий работников, занятых УиК ЯМ, разрабатываемые УМЦУК. Все эти материалы позволят специалистам предприятий в будущем осуществлять качественную и системную подготовку работников не только в учебных центрах, но и в организациях. Важным этапом обеспечения качества этой подготовки является лицензирование учебных центров и учебно-производственных подразделений организаций на право ведения образовательной деятельности по повышению квалификации работников по образовательным программам по УиК ЯМ.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ПЕРСОНАЛА ПО УИК ЯМ

Планы совершенствования подготовки персонала по УиК ЯМ, в том числе, УМЦУК на ближайшее пятилетие связаны в первую очередь с существенным обновлением курсов в связи с вводом новой редакции основных правил (НП-030-12), других нормативных документов, введенных в 2012 году, с разработкой типовых программ подготовки и курсов для отдельных категорий работников, с методическим содействием организациям как в обучении персонала на местах, так и в разработке и внедрении современных элементов и процедур УиКЯМ.

Главную роль в реализации планов играет освоение и внедрение компьютерных технологий и средств обучения, и использование созданной технической и интеллектуальной базы для оказания методической помощи организациям в совершенствовании систем УиКЯМ, особенно в разработке нормативных документов и внедрении методик и технических средств для УиКЯМ.

Внедрение в процесс обучения компьютерных технологий (СВТ-технологий) осуществляется по следующим направлениям:

- разработка мультимедийных учебных курсов;
- использование трехмерных видео изображений в моделировании технологий контроля ядерных материалов;
- поддержание и совершенствование базы данных по учебно-методическим материалам, курсам, слушателям и преподавателям.

Участие в проектах по совершенствованию:

- нормативно-технических документов, руководств федерального, отраслевого и объектового уровней,
- контроля Госкорпорацией «Росатом» состояния УиК ЯМ в организациях и объектового контроля,

- аппаратурно-методического обеспечения (разработка, испытание и внедрение МВИ и СИ НРА, уровня и плотности растворов),
- обучение персонала в организациях, в УМЦУК и в институтах повышения квалификации.

Выросла доля выездных курсов. Каждый выездной курс разрабатывается с учетом технологий обращения с ЯМ на предприятии, где проводится курс. Программа таких курсов формируется из модулей нескольких (двух-трех) существующих курсов УМЦУК в соответствии с запросами предприятия и дополняется специальными модулями, отражающими специфику технологий обращения ЯМ и процедур УиК ЯМ на предприятии. Эти модули разрабатываются и преподаются специалистами предприятия. Такой подход позволяет полностью адаптировать курсы к потребностям обучения специалистов по УиК ЯМ предприятия, увеличить количество обучаемых и оптимизировать затраты на обучение. Важным является внедрение компьютерных технологий обучения (курсы на лазерных дисках, компьютеризированные видеоматериалы и т. д.). Они позволяют интенсифицировать и обеспечить качественную самоподготовку работников, лучше и быстрее усваивать информацию на теоретических занятиях.

Повышение квалификации специалистов, занятых обучением работников УиК ЯМ, планируется осуществлять традиционно — путем обмена опытом и участия в совместных работах и семинарах с ведущими специалистами российских и зарубежных организаций.

Интенсифицируется подготовка специалистов организаций Госкорпорации «Росатом», занятых контрольно-проверочной (инспекционной) деятельностью и «объектовым» контролем состояния УиК ЯМ. Для этого разработаны специальные курсы по процедурам контроля систем УиК ЯМ и их отдельных элементов. Потребности подготовки таких специалистов были ещё раз переоценены в этом году. Был обновлен и проведен курс для работников, осуществляющих объектовый контроль.

Для того, чтобы гарантировать эффективную и надежную работу системы УиК ЯМ, необходимо организовывать обучение персонала с применением системного подхода к обучению с учетом сложившейся структуры системы УиК ЯМ, технологий обращения с ЯМ в ЗБМ и функциональных обязанностей специалистов.

Кроме проведения выездных курсов, УМЦУК разрабатывает программы и материалы отдельных курсов, готовит преподавателей из числа сотрудников предприятий для обучения персонала в учебно-производственных подразделениях предприятий и на рабочих местах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Систему подготовки персонала по УиК ЯМ можно считать вполне сформировавшейся и отвечающей требованиям организаций и системы государственного УиК ЯМ. Подготовку молодых специалистов осуществляют МИФИ и ТПУ, УМЦУК и ЦИПК осуществляют повышение квалификации специалистов, учебно-производственные подразделения организаций осуществляют подготовку рабочих и технологов. УМЦУК является базовой организацией системы, в котором работники российских ядерных установок, члены комиссий Госкорпорации «Росатом», и инспекторы Ростехнадзора проходят обучение в области УиК ЯМ. Одна из основных целей центра – обучение слушателей практике внедрения процедур УиК ЯМ и использованию соответствующих инструментов, приборов и компьютерных средств.

УМЦУК осуществляет методическое и административное содействие выполнению многих международных и отечественных проектов в области УиК ЯМ, его деятельность существенно влияет на совершенствование Российской Системы Государственного УиК ЯМ.

Долгосрочное и устойчивое функционирование системы УиК ЯМ невозможно без повышения квалификации персонала и методической поддержки предприятий в функционировании и развитии элементов систем. Именно поэтому долгосрочное и устойчивое функционирование системы подготовки персонала по УиК ЯМ и, в первую очередь, УМЦУК является одним из основных условий устойчивого функционирования системы государственного УиК ЯМ в целом.

Основное направление работ в будущем – это методическое содействие организациям во внедрении системного подхода к обучению, в подготовке и проверке знаний рабочих и техников, отдельных категорий специалистов «на местах».

Следует продолжать также методическое содействие в совершенствовании нормативной базы и методик УиК ЯМ, особенно, для неразрушающего анализа и инвентаризации ЯМ

Литература:

1. Каталог УМЦУК 2013г.
2. Б.Г. Рязанов, В.К. Горюнов, В.В. Таланов и др. Неразрывность долгосрочного и эффективного функционирования российской системы учета и контроля ядерных материалов и функционирования учебно-методического центра. Труды конференции Международного института управления ядерными материалами, 2005.

Special Aspects of NM C&A Measurement Traceability in the Nuclear Power Area

G.E. Novikov, D.V. Starkov – *State Corporation “Rosatom”,
Moscow*

The section is dedicated to the analysis of legislative and regulatory framework aimed at providing MC&A measurement traceability. Consideration should be given to the specific features of a transient period required to work out and approve relevant regulatory documents as well as to peculiarities in measurement traceability encountered in the course of the activities performed in the area of nuclear power use. They include the specifics of standards implementation at nuclear sites. Special attention is paid to the issues of measurement traceability as applied to NP-030-12.

Доклад на международном трехстороннем (Госкорпорация «Росатом», Министерство энергетики США и Европейская комиссия) семинаре по учету и контролю ядерных материалов проходящем 12-15 ноября 2013 г. на базе ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ», г. Обнинск

«Особенности обеспечения единства измерений в области использования атомной энергии»

Г.Е. Новиков, Д.В. Старков

Федеральным законом от 30.11.2011 № 347-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в целях регулирования безопасности в области использования атомной энергии» были внесены изменения в часть 7 статьи 1 Федерального закона от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений», где определяется, что особенности обеспечения единства измерений при осуществлении деятельности в области обороны и безопасности государства и в области использования атомной энергии устанавливаются Правительством Российской Федерации. В соответствии с поручением Правительства Российской Федерации от 02.06.2012 № РД-П7-3115 Госкорпорацией «Росатом» было разработано и Правительством Российской Федерации принято постановление от 30.12.2012 № 1488 «Об утверждении положения об особенностях обеспечения единства измерений при осуществлении деятельности в области использования атомной энергии» (далее по тексту — постановление).

Особенности обеспечения единства измерений при осуществлении деятельности в области использования атомной энергии, положенные в основу настоящего постановления, следующие:

а) приоритет ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии и международных обязательств в области ядерной и радиационной безопасности;

б) неизвлекаемость ряда средств измерений, эталонов единиц величин, стандартных образцов, а также неснимаемая их загрязненность;

в) дозовые нагрузки на персонал, занятый на объектах использования атомной энергии, в том числе и при обеспечении единства измерений;

г) применение специфических средств измерений, методик (методов) измерений, стандартных образцов и эталонов единиц величин, присущих только объектам использования атомной энергии;

д) особый режим учёта и обращения ядерных материалов, радиоактивных веществ и радиоактивных отходов;

е) особый режим охраны и антитеррористической защиты объектов использования атомной энергии, ограниченный допуск на объекты использования атомной энергии;

ж) высокотехнологичность и наукоёмкость деятельности по использованию атомной энергии;

з) необходимость международной признаваемости процедур, связанных с обеспечением единства измерений в области использования атомной энергии.

Постановлением на основе действующего законодательства определяются рамки и принципы функционирования подсистемы обеспечения единства измерений в области использования атомной энергии как неразрывной и органически с ней связанной части единой государственной системы обеспечения единства измерений, которая своей целью имеет повышение надёжности и безопасности ядерного комплекса Российской Федерации, укрепление конкурентных преимуществ России на международном рынке. Постановлением предусмотрен переходный период для разработки и утверждения соответствующих нормативных документов.

Среди них:

- порядок аттестации эталонов единиц величин в области использования атомной энергии;

- требования к проведению в области использования атомной энергии испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа и отнесения технических средств к средствам измерений;

- метрологические требования к средствам измерений, их составным частям, программному обеспечению, методикам (методам) измерений и стандартным образцам, применяемым в области использования атомной энергии;

- требования к проведению в области использования атомной энергии метрологической экспертизы нормативной, проектной, конструкторской, технологической и другой технической документации;

- положение по ведению в области использования атомной энергии разделов Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений.

В настоящее время подготовлены 5 нормативных правовых актов (НПА) в виде Приказов Госкорпорации «Росатом», которые были согласованы с Росстандартом и Минпромторгом России. Приказ № 1/10 НПА от 31.10.20013 «Об утверждении метрологических требований к измерениям, эталонам единиц величин, стандартным образцам, средствам измерений, их составным частям, программному обеспечению, методикам (методам) измерений, применяемым в области использования атомной энергии» направлен на регистрацию в Минюст России. Госкорпорацией «Росатом» были направлены предположения в 2 НПА, утверждаемых Минпромторгом России по проведению обязательной метрологической экспертизе и порядку ведения разделов Федерального информационного фонда.

В соответствии с поручением Правительства Российской Федерации от 02.06.2012 № РД-П7-3115 Госкорпорацией «Росатом» было разработано и Правительством Российской Федерации принято постановление от 01.03.2013 № 173 «Об утверждении Положения об особенностях стандартизации продукции (работ, услуг), для которой устанавливаются требования, связанные с обеспечением безопасности в области использования атомной энергии, а также

процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации, утилизации и захоронения указанной продукции», которым предусмотрена возможность использования отраслевых стандартов в области использования атомной энергии. Для этого Госкорпорацией «Росатом» должен быть сформирован "сводный перечень документов по стандартизации" - документ, разрабатываемый для информационного обеспечения изготовителей (поставщиков, приобретателей) продукции (работ, услуг), а также для отнесения документов (части документов) по стандартизации, включенных в указанный сводный перечень, к документам, которые применяются на обязательной основе. В настоящее время Госкорпорация «Росатом» организует работу по составлению такого перечня.

Все ранее выпущенные отраслевые стандарты для целей УиК ЯМ будут включены в вышеуказанный перечень. Требования основополагающих отраслевых стандартов в области метрологии будут в целом сохранены. Постановление 173 предусматривается постепенный перевод ОСТов в ранг национальных стандартов обязательного применения или стандартов организаций Госкорпорации «Росатом», также становящихся обязательными к применению.

Изменение нормативной базы коснется выполнения требований и положений НП-030-12.

Статья 38

... Особенности обеспечения единства измерений при осуществлении деятельности в области использования атомной энергии устанавливаются Правительством Российской Федерации. – *Постановление от 30.12.2012 № 1488*

... Методики (методы) и стандартные образцы для измерений, внесенных в единый перечень измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений в области использования атомной энергии, должны быть разработаны, аттестованы и оформлены в соответствии с требованиями, установленными нормативными правовыми актами Российской Федерации. – *Приказ № 1/10 НПА от 31.10.20013, другие готовящиеся к выходу НПА разработанные в развитие постановления №1488, а так же все ОСТ, РД и др. нормативные документы, включенные в сводный перечень.*

Статья 40

Средства измерений должны поверяться (калиброваться) в соответствии со стандартами в области метрологии. - *Приказ № 1/10 НПА от 31.10.20013 вводит наличие калибровки СИ, наряду с поверкой.*

Статья 41

В каждой организации должен осуществляться контроль качества измерений ЯМ, в том числе должны быть установлены процедуры проведения внутреннего контроля качества измерений. - *Приказ № 1/10 НПА от 31.10.20013 вводит данное требование. Помимо этого устанавливается обязательное требование по проведению оценки состояния измерений в лабораториях.*

В Приказе № 1/10 НПА от 31.10.20013 говорится, что при установлении требований к измерениям:

Все результаты измерений, в том числе выполняемых при испытаниях, измерительном и радиационном контроле, должны представляться с указанием характеристик погрешности или неопределенности измерений (испытаний) или показателей достоверности контроля.

Данное требование обеспечивается путем:

- испытаний с целью утверждения типа средств измерений;
- оценки характеристик погрешности измерений в рабочих условиях выполнения измерений;
- проведения поверки или калибровки средств измерений, в том числе в рабочих условиях выполнения измерений;
- аттестации методик (методов) измерений, в том числе выполняемых при испытаниях, измерительном и радиационном контроле;
- проведении контроля качества измерений.

Отдельно устанавливаются требования к измерениям в УиК ЯМ - при измерениях в целях учета и контроля ядерных материалов погрешность результатов измерений используют для оценки значимости инвентаризационной разницы по НП-030.

Enhancement of NM C&A Hardware and Methodological Support in the Framework of the U.S. –Russian Cooperation

A.S. Sviridov, V.V. Sviridova – *FSUE VNIIA, Moscow, Russia*

The information about completed, current and planned stages of work on upgrading hardware, methodological and metrological support of nuclear material control and accountancy under the framework of U.S.-Russian collaboration in the NMC&A area should be discussed. These activities are coordinated by the Russian Working Group responsible for MC&A hardware and methodological support from the Russian side and by the MC&A Measurement Project from the U.S. side. The work covers the following areas:

- Equipment
- Measurement procedures
- Reference material samples
- Industry-level software and methodology
- Information support
- Training (workshops, conferences)

Совершенствование аппаратурно-методического обеспечения УиК ЯМ

А.С. Свиридов
В.В. Свиридова

Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики (ВНИИА)

ВНИИА, Обнинск
13 ноября 2013

РГАМО

- образована Минатомом в **2000г.**
- в **2005г.**совершенствовала свою структуру по решению Росатома
- имеет 4 секции:
 - «Аппаратура»,
 - «Методики»,
 - «Стандартные образцы»,
 - «Устройства индикации вмешательства»
- включает **более 80** специалистов (представители **25 предприятий** и **2-х департаментов Росатома**)



Перспективный план

по совершенствованию аппаратурно-методического обеспечения УиК ЯМ

- разработан РГАМО в 2005
- периодически актуализируется
- согласовывается с Департаментом ядерных материалов Росатома

Цель Перспективного плана

Повышение эффективности работ по внедрению новых методов и аппаратуры на предприятиях Росатома для УиК ЯМ за счет совместных и скоординированных действий участников работ при наличии различных источников финансирования.

Направления работ Перспективного плана:

- Аппаратура
- Программы и методики на уровне отрасли
- Методики выполнения измерений
- Стандартные образцы
- Информационная поддержка
- Семинары



Формирование задач Перспективного плана:

- Сбор информации о состоянии и дополнительных потребностях предприятий Росатома
- Подготовка списка приоритетных задач
- Обсуждение списка приоритетных задач на ежегодном совещании РГАМО
- Согласование с Росатомом
- Определение источников финансирования (Росатом, международные программы)



Аппаратура

- Определение потребностей предприятий
- Сертификация аппаратуры
- Техническое обслуживание и ремонт поставленной аппаратуры
- Совершенствование и внедрение отечественной аппаратуры (для обеспечения жизнестойкости СУиК):
 - разработка измерительных систем
 - испытание аппаратуры в реальных условиях

Испытания российского оборудования для внедрения в СУиК ЯМ

Испытаны:

- Уровнемер УВВ (Маяк).

Проводятся испытания:

- Гамма-спектрометрическая система «Колибри» (Грин-Стар)
- Идентификатор «Веста» (ВНИИА);
- Кулонометр ПАКТ (НИИАР);
- Ксеноновый детектор (МИФИ).

Планируемые испытания:

- Детекторы на основе LaBr₃ и NaI



Программы и методики отраслевого уровня:

Разработаны и выполняются программы и методики отраслевого уровня:

- Разработка и аттестация методик измерения для УиК ЯМ
- Измерение отложений ядерных материалов
- Внедрение современных систем пломбирования
- Межлабораторные сличительные испытания (МСИ). **Проведена** первая серия МСИ на урановых контрольных образцах.
- Оценка эффективности системы УиК ЯМ (MSET-R)

Планируется разработать программы:

- Измерения отходов ядерных материалов
- Измерения скрапа ядерного материала



Методики измерений (МИ):

В 2007г. разработана программа по МВИ (более 50 МВИ)

Цель: разработка и аттестация методик для использования на предприятиях Росатома для УиК ЯМ

Разработаны 3 МИ:

- МИ концентрации Pu в диоксиде плутония;
- МИ изотопного состава U методом IDMS
- МИ изотопного состава Pu методом IDMS

В процессе разработки 16 МИ:

Гамма-спектрометрия высокого разрешения:

- 4 МИ изотопного состава U и Pu (ПО: FRAM, MGA, MGAU)

Гамма-спектрометрия низкого разрешения:

- 4 МИ обогащение U и идентификация ЯМ (российское и иностранное оборудование)

Счетчики нейтронных совпадений:

- 2 МИ массы U-235 и Pu
- Альфа-спектрометры:
- 2 МИ изотопного состава U и Pu

Масс-спектрометрия:

- 4 МИ изотопного состава U и Pu (TIMS, ICP MS)



Организация совместных работ по МИ:

- Общая организация работ: **ВНИИА** - по контракту с **БНЛ(ПК МЭ США «Измерения для УиК ЯМ»)**
- Методическая поддержка: **ФЭИ, Маяк, ВНИИА, РИ, НИИАР, технические рабочие группы** - по контракту с **ВНИИА**
- Метрологическая поддержка: **ВНИИНМ** – по контракту с **ВНИИА**
- Заинтересованные предприятия для обеспечения собственных потребностей: **ВНИИТФ, ГХК, Луч, Маяк, МСЗ, НИИАР, СХК, ФЭИ, РИ, ЭХЗ** – по контрактам с американскими проектными командами, субконтрактам с ВНИИА (в рамках контракта с **БНЛ(ПК МЭ США «Измерения для УиК ЯМ»)**) или за счет собственного финансирования

Примечание: степень методической и метрологической поддержки предприятий определяется **согласованными планами** совместных действий



Стандартные образцы (СО):

План изготовления и аттестации СО для УиК ЯМ разработан в 2007г

Цель: разработка, изготовление, аттестация и передача на заинтересованные предприятия Росватома для УиК ЯМ

Изготовлены и разосланы:

- СО закиси-оксида урана 2-го класса точности, аттестованный на массу урана-
- Контрольные образцы для межлабораторных сличительных испытаний:
- Закись-окись урана (на массу урана);
- Диоксид урана (на изотопный состав)

Изготовлены и подготовлены к рассылке:

- Метка U-233, 2-го класса точности - для МИ IDMS

В процессе выполнения:

- Метка Pu-242, 2-го класса точности-
- СО диоксида Pu, 2-го класса точности, аттестованные на массу и изотопный состав Pu
- Контрольные образцы для межлабораторных сличительных испытаний, аттестованные на массу и изотопный состав Pu

Продление аттестатов на ранее изготовленные СО



Информационное обеспечение

Подготовлен и издан:

- Каталог приборов и методов измерений для УиК ЯМ – 3 выпуска

Подготовлены и изданы переводы на русский язык книг:

- Пассивный неразрушающий анализ ядерных материалов, под редакцией Д. Райлли 1991г.
- Справочник по методам измерений ядерных материалов под редакцией Д. Роджерса
- Пассивный неразрушающий анализ ядерных материалов, дополнение 2007г, под редакцией Д. Райлли

Создан Интернет-сайт РГАМО по адресу www.vniia.ru в разделе УиК ЯМ

Разработана база данных по системам пломбирования



Совещания и семинары: обмен информацией, обучение, координация):

- Ежегодное совещание РГАМО
- Квартальные совещания секретариата РГАМО
- Тематические совещания и семинары



Development of the RMTC Non-Destructive Assay Laboratory: From the Training Courses to Methodological Support of Enterprises

S.A. Bogdanov, G.M. Bezhunov, V.M. Gorbachev, B.G. Rayzanov, N.S. Rykov, V.V. Talanov – *FSUE SSC RF - IPPE, Obninsk, Russia*

The RMTC Non-Destructive Assay Laboratory (NDAL) has passed a long path of development throughout its existence as part of RMTC: from conducting the first training courses 15 years ago through diverse scientific-methodological and supervisory activities at the present time. As of today the NDAL is one of the most well-equipped NDA laboratories in Russia. In addition to a wide range of equipment the NDAL holds a great number of NM standard reference materials and working standards of uranium and plutonium with a great variety of isotopic compositions and mass which allows various analytical and experimental works to be performed.

The basic results of NM NDAL activities should be discussed. The key development stages, as well as technological infrastructure of the laboratory are indicated. The principal directions of laboratory activities should be summarized:

- Conducting various training courses on uranium and plutonium non-destructive assay;
- Development of the new training course and updating of the old ones;
- Participation in the Rosatom Working Group on methodological and metrological support of enterprises;
- Scientific and methodological activities of the laboratory;
- Collaboration with the Rosatom and Rostekhnadzor facilities;
- Involvement in monitoring and methodological activities of the SSC RF-IPPE and agency-level inspections of the State Corporation “Rosatom”.

Развитие Лаборатории Неразрушающего Анализа УМЦУК: от учебных курсов до методической поддержки предприятий.

Богданов С.А., Бежунов Г.М., Горбачев В.М., Рязанов Б.Г.,
Рыков Н.С., Таланов В.В. – ГНЦ РФ - ФЭИ

За время своего существования Лаборатория Неразрушающего Контроля ЯМ (ЛНК) УМЦУК прошла большой путь развития: от проведения первых учебных курсов 15 лет назад до различной научно-методической и контрольной деятельности в настоящее время. На сегодняшний день ЛНК является одной из самых оснащенных лабораторий неразрушающего анализа в России. Помимо широкого парка оборудования, ЛНК имеет большое количество стандартных и рабочих образцов ядерных материалов урана и плутония самого различного изотопного состава и массы, что позволяет проводить различные расчетно-экспериментальные работы.

1. Образование и оснащение лаборатории НРА. Проведение учебных курсов УМЦУК.

Сложившиеся в начале 90-х годов реалии потребовали перестройки существующей системы учета и контроля ядерных материалов. Одним из направлений совершенствования системы было предусмотрено внедрение инструментального контроля отдельных характеристик ЯМ при помощи неразрушающих методов измерений. Для развития данного направления было решено создать ЛНК УМЦУК и приступить к подготовке специалистов.

Начало создания лаборатории было положено в 1996 году. Этому событию предшествовало получение иностранного оборудования во временное пользование в рамках соглашения по программе ТАСИС о сотрудничестве в области учета и контроля ЯМ. В соответствии с этими договоренностями были поставлены спектрометрические системы низкого и высокого разрешения. Для осуществления измерений с использованием методов нейтронных совпадений были поставлены колодезные счетчики нейтронных совпадений – пассивного и активного типа.

Местом проведения неразрушающих измерений был выбран бокс физических исследований отдела ядерной безопасности ГНЦ РФ ФЭИ.

Первые знания в освоении методов измерения были получены специалистами ФЭИ от представителей Объединенного исследовательского центра Евратома (ОИЦ) в г. Испра, Италия. На первом учебном курсе специалисты ОИЦ провели обучение будущих инструкторов Российского учебного центра. Переданные после обучения методические материалы легли в основу тех учебных пособий, которые впоследствии разработали специалисты УМЦУК для проведения курсов для представителей российских предприятий ЯТЦ.

Для приобретения навыков в проведении занятий, составлении обучающих программ, работе со слушателями в ОИЦ были организованы для российских специалистов учебные курсы по методам неразрушающих измерений. В условиях лаборатории PERLA российские специалисты ознакомились с организацией процесса обучения.

Следующим важным этапом на пути создания лаборатории стало участие в ее оснащении Лос-Аламосской национальной лаборатории США. В рамках соглашения о сотрудничестве в области учета и контроля ядерных материалов было поставлено три комплекта спектрометрических станций Inspector с детекторами низкого и высокого разрешения, нейтронные колодезные детекторы активного и пассивного типа для измерений массы урана и плутония. Были поставлены приборы для проведения идентификационных измерений ядерных и радиоактивных материалов, установки для измерения массы плутония и урана-235 в контейнерах с отходами (рис. 1), активные воротниковые счетчики, калориметр, сегментированный гамма-сканер и комплексный денситометр (рис. 2).



Рисунок 1 – Комплексный денситометр.



Рисунок 2 – Установка для измерения массы плутония в бочках с отходами.

Количество данных систем позволяет проводить одновременное обучение 8-10 специалистов предприятий отрасли. Аналогичные системы поставлялись в рамках соответствующих контрактов и на другие предприятия Росатома.

Для проведения различных учебных курсов имеется широкий спектр государственных стандартных образцов (ГСО) массы и изотопного состава диоксидов урана и плутония (рис. 3, 4).



Рисунок 3 – Набор СО диоксида урана.

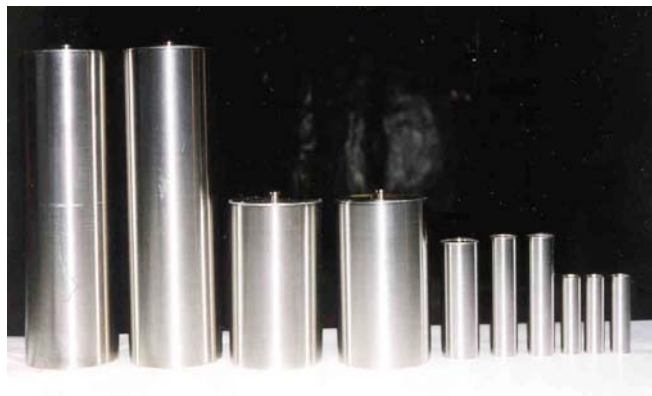


Рисунок 4 – Набор СО диоксида плутония.

В 2012 году совместно с метрологической службой ГНЦ РФ-ФЭИ были изготовлены и аттестованы стандартные образцы предприятия: UMg и диоксида урана с обогащением 96 % по урану-235, рис 5, 6.



Рисунок 5 – СО диоксида урана 96 %.



Рисунок 6 – СО UMg.

В лаборатории имеются ГСО твэлов и ТВС реакторов БН-600, ВВЭР-440 и РБМК (рис. 7).



Рисунок 7 – Стандартные образцы ТВС реакторов РБМК, БН-600 и ВВЭР-440.

Лаборатория располагает моделями оборудования и специальными образцами для проведения курсов по измерению массы отложений урана-235 и плутония в технологическом оборудовании, курсов для неразрушающего анализа проб растворов.

На сегодняшний день в лаборатории ЛНК УМЦУК проводятся учебные курсы по следующим темам:

- Применение гамма-спектрометрического оборудования для неразрушающего контроля ядерных материалов
- Измерение отложений урана в технологическом оборудовании.
- Измерение изотопного состава урана и плутония
- Применение гамма-спектрометрического оборудования для неразрушающего контроля ядерных материалов (при проведении инспекций)
- Приборы и методы неразрушающего нейтронного контроля ядерных материалов
- Измерение массы плутония методами нейтронного неразрушающего анализа
- Нейтронный неразрушающий контроль содержания плутония в отходах
- Приборы и методы неразрушающего нейтронного контроля ядерных материалов (при проведении инспекций)
- Стандартные образцы для неразрушающих методов контроля ядерных материалов

Данные курсы постоянно перерабатываются и дополняются новыми материалами и упражнениями.

2. Методическая и метрологическая помощь предприятиям Росатома.

Начиная с 2004 года кроме учебной деятельности лаборатория начала заниматься различными прикладными задачам. Одной из первых таких задач стало решение проблемы измерения отложений плутония в газоходах радиохимического завода ФГУП «ГХК». Данная работа проводилась совместно со специалистами РХЗ. На первом этапе были проведены предварительные исследования, которые показали принципиальную

возможность использования для таких измерений гамма-спектрометра низкого разрешения. По итогам исследования на реальных объектах был разработан алгоритм измерения «толстых» отложений плутония с большой массовой поверхностной плотностью с помощью детектора низкого разрешения. Впоследствии алгоритм был оформлен в виде компьютерной программы анализа и обработки спектров и текста МИ.

Следующим большим этапом по методической поддержке предприятий Росатома можно считать работу, которая была проведена на радиохимическом заводе ФГУП «ПО Маяк» в рамках проекта ТАСИС. В рамках данной задачи были выполнены работы по исследованию отложений урана и плутония и разработке проекта методики выполнения измерений концентрации урана и плутония в растворах при помощи комплексного денситометра.

Так же стоит отметить работы по разработке и аттестации МИ для измерения накоплений и отложений урана в технологическом оборудовании без его демонтажа, которые были выполнены на ОАО «МСЗ». Данные методики позволили повысить качество и оперативность контроля за накоплением урана в фильтрах и трубопроводах вплоть до максимально разрешенных величин.

3. Научно-методическая деятельность.

На протяжении многих лет специалисты лаборатории ЛНК УМЦУК участвуют в работе Рабочей Группой Росатома по Аппаратурному и Методическому Обеспечению (РГАМО). По поручению секретариата рабочей группы специалисты лаборатории разработали ряд документов для создания МИ количественных характеристик ЯМ, как урана, так и плутония на шести предприятиях отрасли. Были разработаны программы проведения исследований, первые редакции МИ для разработки 38 методик. Была проведена экспертиза нескольких методик выполнения измерений, разработанных специалистами других предприятий. Результаты таких работ неоднократно представлялись на совместных совещаниях РГАМО и специалистов США.

Опыт, приобретенный в процессе создания методик для предприятий, пригодился специалистам лаборатории НРА при разработке МИ для ЗБМ ГНЦ РФ ФЭИ. При финансовой поддержке лаборатории США были разработаны и аттестованы методики измерений с помощью имеющегося в ГНЦ РФ ФЭИ измерительного оборудования неразрушающего анализа. Были разработаны МИ для измерения массы урана и плутония с помощью счетчиков нейтронных совпадений и изотопного состава урана и плутония с помощью детекторов высокого разрешения с программами обработки FRAM, MGA и MGAU.

4. Сотрудничество с Ростехнадзором.

Другим важным этапом в методической деятельности лаборатории стала совместная работа с инспекторами Госатомнадзора по разработке гамма-спектрометрических методик измерения. На основе совместных работ, которые проводились как в условиях лаборатории НРА, так и в условиях предприятий отрасли, были разработаны и аттестованы МИ обогащения урана с помощью детектора низкого разрешения и изотопного состава урана и плутония с помощью детектора высокого разрешения.

Для специалистов лаборатории эта работа имела две положительные стороны: изучались потребности предприятий, что помогало в формировании программ учебных курсов, и приобретался опыт проведения «полевых» измерений.

В 2010 году совместно с представителями Ростехнадзора и специалистами ФГУП «ПО Маяк» была разработана и аттестована МИ массы диоксида плутония в контейнерах,

находящихся на складе радиохимического завода, с помощью пассивного нейтронного детектора. Данная методика позволила проводить подтверждающие измерения массы плутония в контейнерах с высокой нейтронной активностью (регистрируемая скорость счета синглетов до $1,6 \cdot 10^6$ н/с).

Сотрудники лаборатории НРА периодически привлекаются к участию в учебных инспекциях Ростехнадзора на предприятиях Госкорпорации «Росатом».

5. Контрольно-методическая и инспекционная деятельность.

С 2011 года в состав лаборатории ЛНК УМЦУК входит контрольно-методическое бюро по УиК ЯМ (КМБ) в ГНЦ РФ-ФЭИ, основной задачей которого является контроль за состоянием и функционированием системы УиК ЯМ во всех ЗБМ института, выпуск новых и обновление существующих документов по УиК ЯМ уровня института. Сотрудники КМБ проводят периодические проверки функционирования системы УиК ЯМ в ЗБМ, по результатам которых выпускается аналитическая справка. Для нескольких ЗБМ проводятся неразрушающие измерения во время плановых инвентаризаций.

Помимо контроля функционирования системы УиК ЯМ в ГНЦ РФ-ФЭИ, сотрудники лаборатории ЛНК регулярно привлекаются к работе в составе комиссий Госкорпорации «Росатом» по проверке функционирования системы УиК ЯМ на других предприятиях.

6. Заключение.

ЛНК УМЦУК в настоящее время является базовой лабораторией по НРА УиК ЯМ, осуществляющей научно-исследовательские работы и подготовку специалистов организаций, ее работники активно участвуют в разработке нормативных документов и контроле состояния УиК ЯМ в ГНЦ РФ-ФЭИ и в организациях, осуществляющих обращение с ЯМ, содействуют надзорной деятельности Ростехнадзора и контрольно-инспекционной деятельности Госкорпорации «Росатом».

Special Aspects of NM NDA Measurement Methodology Development for Accounting and Confirmatory Measurements. Regulatory Documents, Reference Materials, Measuring Equipment

M.A. Semenov, S.L. Levunin, A.S. Antushevskiy, S.N. Shlygin,
A.A. Efremova, A.V. Filonova – *FSUE “PA “Mayak”, Ozersk,
Russia*

One of the most up-to-date trends in the area of MC&A is implementation of non-destructive measurement procedures (MP) for accounting and confirmatory measurements of nuclear materials (NM) in various objects. An assessment of NM qualitative and quantitative characteristics in such objects is indispensable both for the reduction of NM diversion risk and error reduction in inventory difference determination.

The research done has shown the availability of standard reference materials (SRM) for measuring equipment calibration and determination of MP metrological characteristics to be the key stage in MP development on the basis of non-destructive assay. The development of SRM for the finished products, waste, hold-up, accumulation, scrap is a complicated and costly task, and in certain cases – infeasible.

The section deals with the results of activities in the development of a generic approach to NM qualitative and quantitative characteristics construction and its implementation in the certified MP based on:

- Generic algorithm of construction and MP certification;
- Application of various computational methods and codes for calibration and estimation of the residuals;
- Application of various approaches to SRM - based MP certification, certified mixtures, “reference” MP.



РОСАТОМ



ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ
ОБЪЕДИНЕНИЕ
МАК

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

Особенности разработки неразрушающих методик измерений ЯМ для учетных и подтверждающих измерений. Нормативные документы, стандартные образцы, средства измерения

М.А. Семенов., Левунин С.Л., Антушевский А.С.

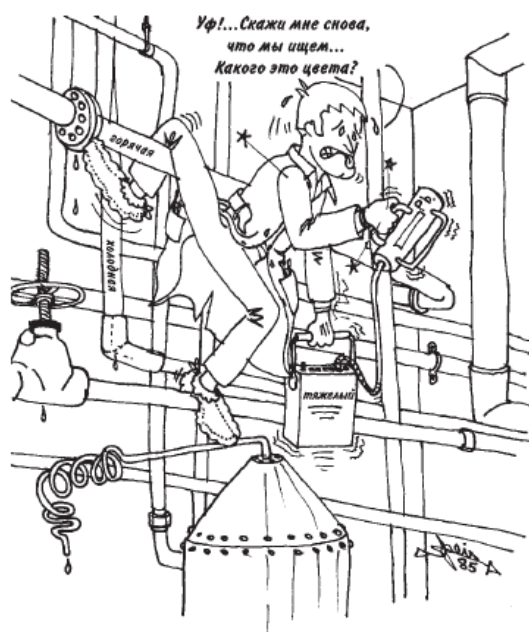
Обнинск

12.11.2013-15.12.2013

Процесс разработки методик измерения



Процесс измерения



Характеристика плутония, нарабатываемого на РТ-1

- Масса диоксида плутония от 1500 до 3300 г
- Параметр α (измеренное значение) изменяется от 1 (норма) до 8!!!
 - остатки неразложившегося оксалата и влага
 - Накопление влаги в среднем до 1,0 % по массе за 6÷7 лет. При хранении контейнеров более 20 лет отмечен привес до 3,5%.
 - Содержание фтора с массовой долей от нескольких ppm до 3500 ppm
- Насыпная плотность порошков диоксида плутония изменяется от 1,3 до 2,8 г/см³
- Сложный изотопный состав
- Средний размер частиц изменяется от единиц мкм до 40 мкм, в среднем 7 мкм.
- Существующая технология изготовления диоксида плутония не всегда обеспечивает «одинаковость» физико-химических свойств плутония в контейнере (контейнер формируется с 3 прокалочных стаканов)
- Время выдержки контейнеров до 25 лет
- массовая доля ²⁴¹Am до 80 мг/гPu (при времени хранения более 25 лет)

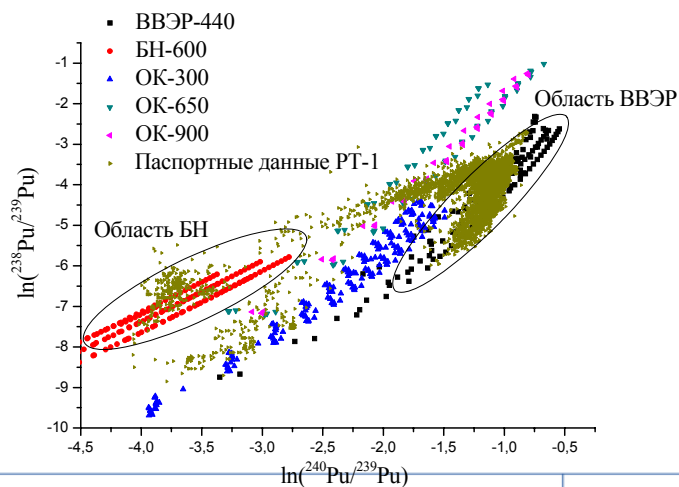
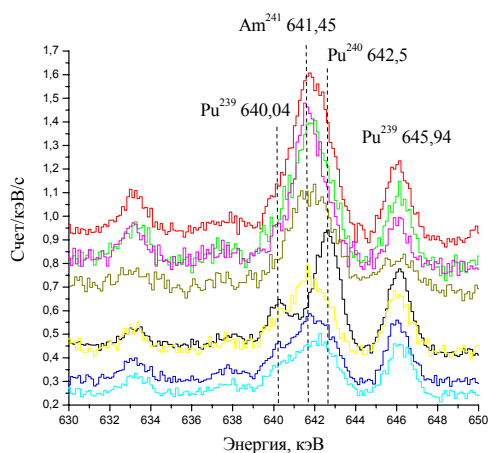
Изотоп плутония	Диапазон массовой доли изотопа в плутонии, в %		
	«ВВЭР»	«БН»	«Смесь»
²³⁸ Pu	От 0,2 до 2,1	От 0,05 до 0,25	От 0,2 до 3,7
²³⁹ Pu	От 54,0 до 82,0	От 94,5 до 98,5	От 53,0 до 94,0
²⁴⁰ Pu	От 15,5 до 24,0	От 1,7 до 4,8	От 6,0 до 24,5
²⁴¹ Pu	От 2,0 до 11,5	От 0,03 до 0,5	От 0,8 до 11,5
²⁴² Pu	От 1,0 до 11,5	От 0,01 до 0,1	От 0,35 до 7,5

www.rosatom.ru

3

Методика измерений изотопного состава плутония

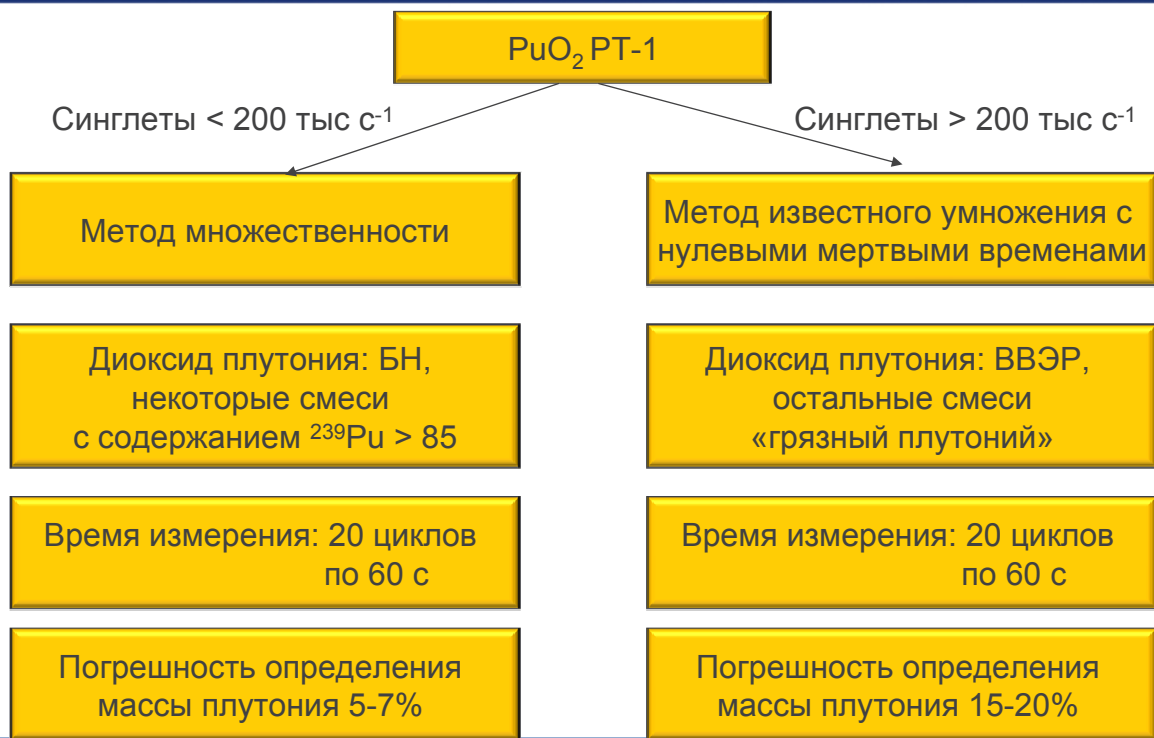
- Проблемы определения массовой доли ²⁴²Pu
- Наличие интернирующих пиков в областях интереса, например, ¹³⁷Cs
- Сложность обработки мультиплетов, недостаточность аналитических линий при анализе «свежих» или «старых» образцов



www.rosatom.ru

4

Методика измерения массы плутония в PuO_2 методом нейтронных совпадений

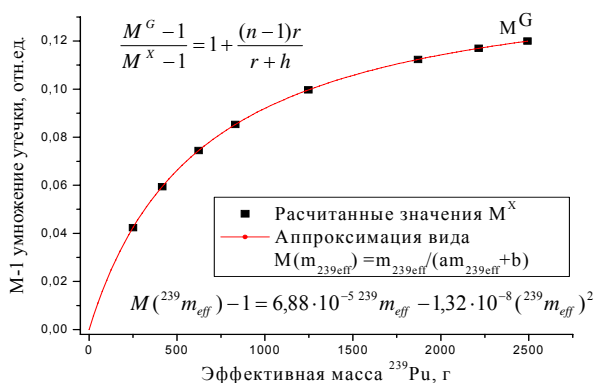


www.rosatom.ru

5

1 Шаг. Определение умножения утечки нейтронов

- коэффициенты поправок на мертвые времена устанавливаются равными «0»
- определяется коэффициент умножения утечки нейтронов M^G для контейнера с максимально возможной массой диоксида плутония
 - скорость счета синглетов должна быть в диапазоне от 150000 до 300000 с⁻¹
 - наиболее оптимально подходят контейнера дающие хорошие результаты определения массы плутония по методу множественности
- на основе коэффициента умножения утечки и экстраполяционной процедуры строится зависимость умножения утечки нейтронов от эффективной массы плутония-239



Измеряемый контейнер

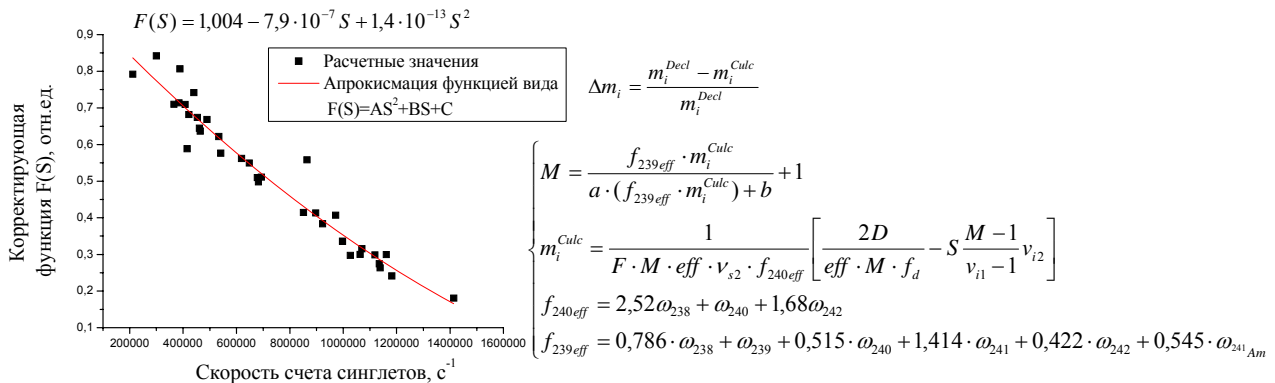
$f_{238} = 0,63$ $m_{\text{PuO}_2} = 3008 \text{ г}$
 $f_{239} = 88,31$ $m_{\text{Pu}} = 2599 \text{ г}$
 $f_{240} = 8,19$ $m_{\text{eff}239} = 2493 \text{ г}$
 $f_{241} = 1,67$ $M^G = 1,12$
 $f_{242} = 1,18$
 $f_{\text{Am}} = 0,06$

www.rosatom.ru

6

2 Шаг. Определение поправки на загрузку счетчика

- с помощью рабочих образцов с известными паспортными характеристиками строится зависимость ошибки определения массы плутония от скорости счета синглетов :
 - масса диоксида плутония
 - массовая доля плутония в диоксиде плутония
 - изотопный состав
 - дата паспортизации



Предельная нагрузка по входу ~ 8 МГц
 (скорость счета S – 1,9 млн. с⁻¹, эффективность регистрации 0,244)

www.rosatom.ru

7

3 Шаг. Определение массы плутония для неизвестного образца

- Масса плутония рассчитывается
 - по результатам измерения скоростей счета синглетов (S) и дуплетов (D)
 - зависимости умножения утечки нейтронов от эффективной массы плутония-239
 - поправочной кривой на ошибку определения массы от скорости счета

$$M = \frac{f_{239eff} \cdot m_i^{Culc}}{a \cdot (f_{239eff} \cdot m_i^{Culc}) + b} + 1$$

$$m_i^{Culc} = \frac{1}{F \cdot M \cdot eff \cdot v_{s2} \cdot f_{240eff}} \left[\frac{2D}{eff \cdot M \cdot f_d} - S \frac{M-1}{v_{i1}-1} v_{i2} \right] + m_{Pu} = \frac{m^{Culc}}{1 - \Delta m} = \frac{m^{Culc}}{F(S)}$$

$$f_{240eff} = 2,52\omega_{238} + \omega_{240} + 1,68\omega_{242}$$

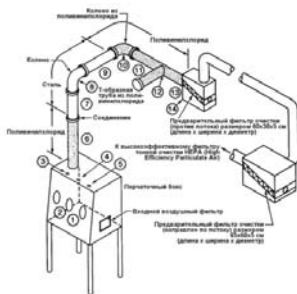
$$f_{239eff} = 0,786 \cdot \omega_{238} + \omega_{239} + 0,515 \cdot \omega_{240} + 1,414 \cdot \omega_{241} + 0,422 \cdot \omega_{242} + 0,545 \cdot \omega_{241Am}$$

www.rosatom.ru

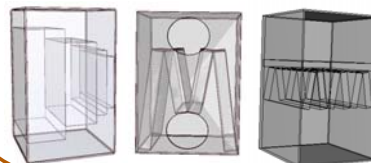
8

Фильтры, отходы, отложения, накопления

Отложения ЯМ



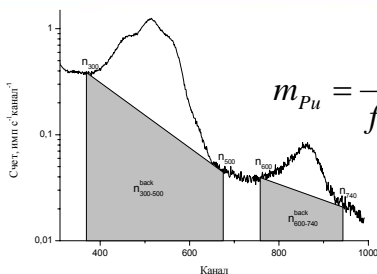
Фильтры системы газоочистки



Скрап, РАО



1. Метод измерения массы плутония



$$m_{Pu} = \frac{1}{f_{239}} \left(\frac{R_{300-500}}{Y_{300-500}^{Pu} \cdot \epsilon_{382}} (CF)_{300-500} - \frac{R_{600-740}^{241Am} \cdot Y_{300-500}^{Am}}{Y_{300-500}^{Pu} \cdot Y_{600-740}^{Am} \cdot \epsilon_{662}} (CF)_{600-740} \right)$$

$$CF = CF_{EQUIP} \cdot CF_{Self} \cdot CF_{FILTR}$$

$$CF_{FILTR, EQUIP} = \frac{1}{\exp(-\mu x)}$$

Отложения

Самопоглощение оценивается с использованием итерационной процедуры

$$\rho_{Pu} = \frac{m_{Pu}}{A}$$

A – область, «видимая» детектором

Накопления на фильтрах

Поправка на самопоглощение $CF_{Self} \approx 1$

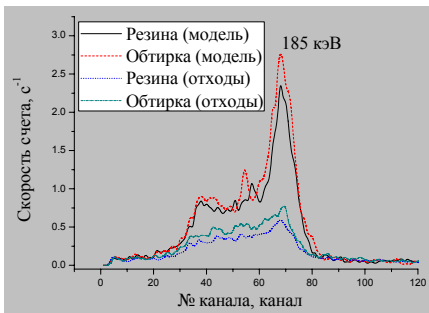
Отходы (скрапы)

Поправка на ослабление в матрице отходов

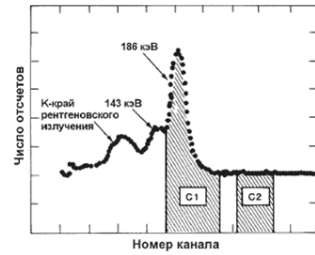
$$CF_{Scrap} = f(\rho_{Scrap})$$

ρ_{Scrap} - насыпная плотность оборотов в контейнере, г/см³

1. Метод измерения массы урана



$$m_U = \frac{1}{f_{235}} \left(\frac{R_{186}}{Y_{186}^U \cdot \epsilon_{186}} (CF)_{186} \right)$$



$$CF = CF_{EQIP} \cdot CF_{Self} \cdot CF_{FILTR}$$

$$CF_{FILTR, EQIP} = \frac{1}{\exp(-\mu \rho x)}$$

Отложения

Итерационная процедура

$$\rho_U = \frac{m_U}{A}$$

Накопления на фильтрах

Поправка на самопоглощение $CF_{Self} \approx 1$

Отходы (скрапы)

Поправка на ослабление в матрице отходов

$$CF_{Scrap} = f(\rho_{Scrap})$$

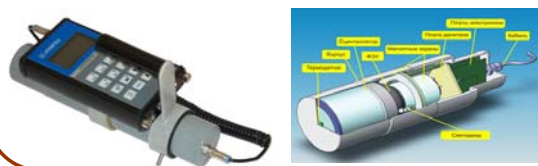
ρ_{Scrap} - насыпная плотность оборотов в контейнере, г/см³

2. Определение эффективности регистрации

Радиометры
МКС-АТ 1117 М



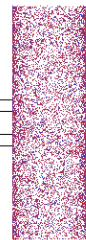
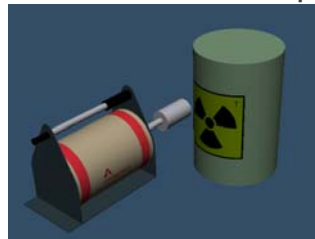
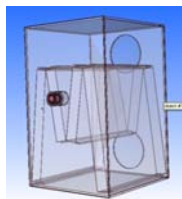
Гамма-спектрометры
МКС-АТ6101



Проблема создания стандартных образцов отложений, фильтров, скрапа



Расчетные коды: MCNP, Geant4, ISOCS – расчет эффективности регистрации детектора для заданной геометрии



3. Проверка работоспособности расчетных моделей и оценки МХ МИ



www.rosatom.ru

13

Критерии эффективности разработки МИ. 1 Стадия разработка и внедрение.

- Разрабатываемые МИ не совершенны, но они необходимы производству (отсутствие опыта, времени, сложность решаемой задачи)
- Специалисты производства «не готовы принять» сложные МИ к исполнению
- Отказ от создания СО (долго по времени, дорого, сложно технически, потраченные ресурсы не дают значимого эффекта)
- Взамен СО – модельные образцы, аттестованные смеси, МИ более высокого порядка
- Создание типовых процедур градуировки и оценки метрологических характеристик для МИ одного типа
- Градуировка приборов проводится расчетными методами
- Временный отказ от сложных процедур учета влияющих факторов (требуется переоборудование рабочих мест)

www.rosatom.ru

14

Критерии эффективности разработки МИ. 2 Стадия совершенствования МИ.

- **МИ пересматриваются каждые 5 лет**
- **Необходимо время для адаптации и проверки** (от 1 до 3 лет для адаптации МИ, накопления материала на основе которого МИ может быть улучшена)
- **Структура МИ**
- **Подходы к учету влияющих факторов**
- **Подходы к измерению, к учету фоновых характеристик**
- **СО – нужны/не нужны** (решение о необходимости создания СО с выбором более точных характеристик и параметров СО)
- **Разработка нескольких МИ** (Одновременная работа над несколькими типовыми МИ позволяет учесть в них большее количество особенностей)

www.rosatom.ru

15

«Типовые» МИ

- Все МИ сгруппированы вокруг одной «типовой» МИ (метод измерения, градуировка, контроль качества)
 - отложения, накопления, отходы урана плутония гамма-спектрометрическим методом (низкое разрешение)
 - отложения, накопления, отходы урана гамма-радиометрическим методом
 - отходы плутония методом нейтрон-нейтронных совпадений
- МИ построены на базе «типовой» МИ отличаются только в деталях применительно к каждому объекту измерения

www.rosatom.ru

16

Альтернативные подходы к СО

- **Цели применения СО** (контроль качества МИ, аттестация МИ, оценка показателя правильности МИ, прослеживаемость размерности физических величин)
- **СО заменены** - на аттестованные смеси (АС), модельные образцы (МО) и МИ более высокого порядка (МИ БВП)
- **Аттестация МИ**
 - составляющие погрешности расчетно-экспериментальным методом
 - показатель правильности МИ оценивается с помощью АС, МО, МИ БВП
- **Прослеживаемость обеспечивается через АС, МО, МИ БВП**
 - масса - весовой метод
 - массовая доля ЯМ в соединении, кулонометрический и гравиметрический метод
 - изотопный состав или массовая доля изотопа – масс-спектрометрический метод



Proposals on Methodological Support of NM C&A Confirmatory Measurements

S.E. Kondratov – *FSUE RFNC VNIIEF, Sarov, Russia*

The proposal to combine two methods within the framework of instrumental monitoring of NM packages should be discussed: a method of statistical hypothesis estimation (one of their versions is known as «radiation passportization») and a method of isotope abundance determination (e.g. on the basis of LANL «FRAM» software). The purpose of such integration is an improvement of monitoring results' confidence level and information content.

Currently the instrumental monitoring of NM containers is basically restricted to isotope abundance analysis which is supplemented by weighing. Determination of the material mass with the direct measurements without breaking the package (e.g. by neutron coincidence counting or calorimetric measurements) remains a too costly and methodologically complicated procedure. Therefore, a replacement of direct measurement by confirmation of the contents permanency (with the inventory of the declared quality material simultaneously confirmed) may enhance reliability of NM packages' instrumental monitoring without unpacking and implies no additional tangible costs.

In addition it is suggested that mandatory archiving of the data obtained in the course of instrumental monitoring of specific accounting items should be introduced. The database developed on the basis of this archive will allow not only visualization of the monitoring results and estimation of its accuracy and consistency, but it also will essentially simplify an analysis of abnormal occurrences owing to the possibility of objective evidence evaluation.

Thus it is only the use of more advanced software that will allow the new properties to be imparted to the current conventional version of instrumental monitoring using gamma-spectrometry.

Предложения по методическому обеспечению подтверждающих измерений в целях УиК ЯМ

Кондратов С.Е., Сивачев Д.А., Степашкин В.В., Цыбряев С.В., Глуходедов Д.В.,
Разиньков С.Ф., Скрипка Г.М., Бушмелев В.П.

(Доклад на трехсторонний семинар «Результаты и планы развития российской ГСУиК ЯМ», г. Обнинск, 12-15 ноября 2013г.)

Введение

Основное назначение приборного контроля заключается в проверке соответствия имеющегося описания конкретной учетной единицы хранения ее реальному содержанию. Цели, которым служит такая проверка, могут быть разнообразными: исполнитель может ошибочно взять сборку меньшей подкритичности, чем предполагает, - поэтому знание таких параметров как масса и изотопный состав содержащегося в контейнере материала могут (хотя это и недостаточная информация) предотвратить серьезный производственный инцидент; неумышленная подмена одной упаковки другой может не только повлечь крайне серьезные дисциплинарные и правовые последствия для причастных сотрудников, но и привести к хищению материала и возникновению связанных с этим угроз гуманитарного характера и т.д.

Понятно, что контроль вложений по результатам взвешивания и целостности устройств индикации вмешательства является, по существу, паллиативом, который может предотвратить случайную ошибку (и то не всегда), но практически бесполезен при наличии злого умысла у персонала, имеющего доступ к хранящемуся материалу и обладающему некоторыми специальными навыками.

Собственно, вышесказанное имело целью лишний раз подтвердить мысль о целесообразности введения таких методов контроля ЯМ, которые позволяли бы оперировать с параметрами, отражающими фундаментальные свойства данного нуклида и/или изотопа. Эти методы развиваются давно, и в данном докладе упоминаются только два из них, связанные с регистрацией характерного для ядерных материалов гамма и нейтронного излучения и получившие применение в ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ.

1. Метод подтверждающих измерений путем контроля массовых изотопных отношений ЯМ

Не сомневаюсь, что в большинстве докладов на данном совещании будут тем или иным образом упоминаться методики контроля ЯМ, основанные на программах «FRAM» разработки лаборатории ЛАНЛ и «MGA» разработки лаборатории ЛЛНЛ. Не оригинальны в этом смысле и мы. Излишне, наверное, упоминать о достоинствах обеих программ: обе очень хорошего качества и зарекомендовали себя как в работе лабораторий США и России, так и в экспертизах МАГАТЭ.

С помощью детекторов на основе ОЧГ и программного обеспечения «FRAM» реализован ряд методик подтверждающих измерений ЯМ по изотопным массовым отношениям (как во ВНИИЭФ, так и в других организациях РосАтома). Задача этого вида измерений – выяснить тип содержащегося в контейнере материала и определить его изотопный состав для сравнения с учетными данными.

Подтверждающим измерениям ЯМ с использованием гамма-спектрометрии в целом свойствен ряд ограничений. Главными из них в данном контексте, пожалуй, являются следующие: зависимость результатов от геометрии измерения; зависимость от самопоглощения гамма-излучения (фактически – от геометрии и плотности образца); зависимость от поглощающих свойств контейнеров и другой упаковки материала. Тем не менее, на сегодняшний день, по-видимому, именно они позволяют делать наиболее обоснованные выводы по результатам измерений, производимых без вскрытия контейнеров.

2. Метод подтверждающих измерений с помощью анализа статистических гипотез

Описанные в первом разделе подтверждающие измерения дадут одинаковый результат (отличающийся только СКО для заданного уровня доверительной вероятности), при измерении 10г и 3кг ЯМ одинакового качества. Даже учитывая то обстоятельство, что метод в принципе «чувствует» только тонкий поверхностный слой детали из ЯМ, такое «перекрывание» результатов представляется чрезмерным, оставляя слишком широкий коридор неопределенности: просто отпилив часть детали из ЯМ и заменив изъятую массу, например, соответствующей гирей, злоумышленник не рискует, что подмена будет обнаружена при подтверждающих измерениях либо взвешиванием, либо анализом изотопных отношений.

Разрабатываемые во ВНИИЭФ методы контроля с использованием анализа статистических гипотез расширяют достоверность проводимых подтверждающих измерений.

Основное требование этих методов – постоянство геометрии измерений. Необходимое для их реализации приборное оснащение состоит из детектора на основе ОЧГ; двухканального измерительного устройства (гамма- и нейтронный каналы, причем для нейтронного канала достаточно простого счетчика импульсов (без АЦП)); детектора нейтронов; устройства позиционирования. Как видно, за исключением нейтронного канала, – это то же оборудование, которое используется при контроле изотопных отношений.

Представляется, что объединение метода изотопных отношений и метода анализа статистических гипотез (в каком-либо из его вариантов) могло бы повысить достоверность подтверждающих измерений в рамках СУиК с минимальными дополнительными вложениями в приборное оснащение (или же без них, если отказаться от нейтронного канала). Для проработки такого подхода потребуются модельные расчеты и макетные измерения, объем которых зависит от номенклатуры упаковок, подлежащих контролю. В случае, если все упаковки идентичны (что часто имеет место в производстве) – реализация подхода требует только предварительного набора статистических данных, имеющийся у нас опыт позволит обойтись без предварительных расчетов.

Заключение

Сама по себе эффективность обнаружения нарушения в обращении с ЯМ является очень важным условием надежности СУиК. Но не менее важным представляется и ответ на вопросы: что явилось причиной зафиксированного нарушения (изъятие материала; ошибка при постановке на учет (например, перепутаны номера контейнеров, причем один из них уже отправлен в другое место)), на каком участке технологической цепочки обращения контейнер перестал быть «хорошим» и почему?

От оперативности ответа на них существенно зависит как правильность классификации инцидента, так и эффективность мер по его расследованию, локализации и решению. Очень важные подсказки для правильного ответа содержатся в результатах предыдущих и текущего измерений сомнительного контейнера, т.е. в его «истории» проверок. Поэтому представляется весьма полезным результаты подтверждающих измерений хранить в виде базы данных, структура которой позволит быстро находить всю информацию, касающуюся конкретного контейнера или изделия.

Таким образом, дальнейшую работу в рамках измерений СУиК во ВНИИЭФ представляется целесообразным вести в двух направлениях: 1) объединение методов изотопных отношений и анализа статистических гипотез в единой методике подтверждающих измерений; 2) формирование «истории» подтверждающих измерений в виде отдельной базы данных.

VNIIA – JRC (Ispra) Cooperation in the Nuclear Materials Control and Accounting Area (TASIS Program). The Results and Lessons Learned from Establishing the Test Laboratory at the VNIIA with the Purpose to Certify NM C&A Devices and Instruments

A.S. Sviridov, A.A. Lavrushin – *FSUE VNIIA, Moscow, Russia*,
Pascal Dransart – *ITU JRC EC, Ispra, Italy*

The goal: to establish a test laboratory at the VNIIA with the aim to certify NMC&A instruments with its subsequent accreditation in terms of its compliance with GOST ISO/IEC 17025 - 2009.

The work procedure: to identify the list of the equipment to be tested; based on the regulatory documents to determine the levels of impacts which should be provided by the test equipment; to prepare technical specifications for additional equipment to be procured; to put this equipment into operation; to prepare the test laboratory infrastructure in compliance with the international and Russian standards requirements (quality system, regulatory documents, well-trained personnel).

Budget sources: the following sources of funding are envisaged to get the equipment:

- from the JRC side, the programs AP06 \approx 760 000 € and AP08 \approx 530 000 €, the total cost of \approx 1.3 million euros;
- the VNIIA funds.

Work under Contract: the work under Contract included the following tasks:

Tasks A and B: analysis of VNIIA feasibilities to conduct certification tests of NMC&A instruments.

The purpose of the tasks:

- to prepare the list of instruments subject to testing and to work out the mechanical, climatic and electromagnetic compatibility (EMC) test manuals for these instruments.
- -to identify the list of test and metrological equipment that meets the technical requirements of the current regulatory documents and to determine the list of equipment to be procured.
- -to analyze the lay-out of all the VNIIA test laboratory areas and to determine the changes required to be introduced with the aim to install the newly obtained equipment.
- -to arrange the laboratory rooms and bring them in compliance with standard requirements.

Task C: analysis of the current quality system.

The purpose of the task: to perform a comprehensive complete and detailed analysis of the improvements required to change over from the existing quality system to the standard of GOST ISO/IEC 17025-2009.

Task D: to provide mechanical and climatic tests.

The purpose of the task: to work out the detailed technical specifications in order to prepare a tender aimed at placing a contract to procure the equipment required for mechanical and climatic tests. To install and put the procured equipment into operation. To work out the quality system documents required for the mechanical and climatic test areas.

Task E: to conduct electromagnetic compatibility (EMC) tests.

The purpose of the task: to work out the detailed technical specifications in order to prepare a tender aimed at placing a contract to procure the equipment required for EMC tests. To install and put the procured equipment into operation. To work out the quality system documents required for the EMC test area.

Conclusions.

As a result of the work performed a package of documents was prepared for the laboratory accreditation in the relevant MC&A certification tests area.

The JRC held tenders for procurement of the required equipment for the test laboratory in compliance with the technical specifications.

The equipment under procurement will be tested and put into operation beyond the time period of the contract.

In the course of the contract work a comprehensive professional support was rendered by the JRC Contract Manager Pascal Dransart and other JRC representatives.

All the problems encountered during the work implementation were related to preparation of equipment procurement contracts. The work under the Service Contract was carried out in compliance with the Statement of Work and within the indicated time period and did not cause any serious problems.

analysis of abnormal occurrences owing to the possibility of objective evidence evaluation.

Thus it is only the use of more advanced software that will allow the new properties to be imparted to the current conventional version of instrumental monitoring using gamma-spectrometry.

**Создание во ВНИИА испытательной лаборатории
для сертификации аппаратуры учета и контроля ядерных материалов**
Свиридов А.С., Лаврушин А.А., Лаврушина Л.Д. – ФГУП «ВНИИА»

Паскаль Дрансарт – JRC

Цель работы: создание во ВНИИА испытательной лаборатории для сертификации аппаратуры учета и контроля ядерных материалов (У и К ЯМ) с последующей аккредитацией на соответствие ГОСТ ИСО/МЭК 17025 - 2009.

Порядок проведения работ: определение номенклатуры испытываемого оборудования, установление исходя из требований нормативных документов уровней воздействий, которые должно обеспечивать испытательное оборудование, подготовка технических спецификаций на дополнительное оборудование, введение его в эксплуатацию, подготовка инфраструктуры испытательной лаборатории в соответствии с требованиями международных и российских стандартов (система менеджмента качества, нормативная документация, персонал).

Исходя из требований российских стандартов, предъявляемых к оборудованию У и К ЯМ, определено, что лаборатория должна обеспечить проведение испытаний на климатические воздействия, механические воздействия и электромагнитную совместимость. Для обеспечения соответствия создаваемой лаборатории требованиям стандарта ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 и определения перечня приобретаемого необходимого испытательного оборудования проведены следующие работы:

1. Определены типы приборов, которые будут испытываться в создаваемой лаборатории, их габариты, анализ параметров испытаний, которые должны быть обеспечены испытательным оборудованием.
2. Проведен анализ испытательного и метрологического оборудования, имеющегося во ВНИИА, с целью определения перечня оборудования, которое необходимо приобрести дополнительно.
3. Проведен анализ документов системы менеджмента качества лаборатории с целью определения перечня документов, которые необходимо разработать для соответствия лаборатории стандарту ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009.

Источники финансирования: предусмотрены следующие источники финансирования для приобретения оборудования:

- со стороны Объединенного Исследовательского Центра ЕС (JRC) программы AP06 и AP08;
- средства ВНИИА.

Фактически использованы два источника финансирования: АР06 и средства ВНИИА. Источник финансирования АР08 не был задействован, т.к. не была подписана межправительственная программа.

Для выполнения работы по созданию лаборатории подписан сервисный контракт № 254254, создана группа экспертов из наиболее квалифицированных сотрудников ВНИИА.

Со стороны JRC оказана всесторонняя поддержка для выполнения работ по контракту, а именно:

- оказана методологическая помощь при разработке документации по системе менеджмента качества лаборатории;
- предоставлена информация об опыте работы лаборатории TEMPEST;
- даны рекомендации по оснащению оборудованием испытательной лаборатории.

Работы по контракту: работы по контракту состояли из следующих задач:

- Задача А – подготовка документации по обеспечению испытаний.

Цель задачи – подготовка руководства по проведению испытаний на механические, климатические воздействия и на электромагнитную совместимость, подготовка перечня приборов, подлежащих испытаниям, разработка документации лаборатории в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ ИСО/МЭК 17025 – 2009.

Результат выполнения этой задачи:

- подготовлен перечень приборов учета и контроля ЯМ, которые могут тестироваться в испытательной лаборатории ВНИИА. Перечень включает в себя приборы измерения нейтронной массы (счетчики нейтронных совпадений), радиационные мониторы, пешеходные порталные мониторы, ручные мониторы, блоки детектирования гамма излучения, паспортизаторы, пломбы, спектрометрическое оборудование;
- создан проект документа «Положение испытательной лаборатории ВНИИА»;
- определены предполагаемая область деятельности (аккредитации) испытательной лаборатории и нормативная документация (национальные и международные стандарты), на соответствие которых будет обеспечено проведение испытаний;
- приведено описание методов проведения испытаний, определенных в перечне видов приборов в соответствии с требованиями российских и международных стандартов.

- Задача В – предварительный анализ имеющегося испытательного и метрологического оборудования.

Цель задачи – анализ имеющегося во ВНИИА испытательного и метрологического

оборудования, соответствующего техническим требованиям, установленным нормативной документацией, и определение перечня оборудования, которое необходимо закупить для дооснащения лаборатории. Проведение анализа планировок всех участков испытательной лаборатории ВНИИА и определение изменений, которые необходимо произвести для установки вновь приобретаемого оборудования, и приведение помещений лаборатории в соответствие требованиям стандартов.

Результат выполнения этой задачи:

- на основании анализа парка имеющегося оборудования и анализа стандартов РФ разработан перечень оборудования, необходимого для дооснащения лаборатории;

- разработаны технические спецификации на оборудование для проведения тендера: Лот 1 – камера испытаний на термоудар, Лот 2 - установка для мониторинга параметров окружающей среды в помещении, Лот 3 – система контроля параметров в рабочих объемах климатической камеры, Лот 4 – оборудование для механических испытаний, Лот 5 – оборудование для электромагнитных испытаний;

- представители ВНИИА приняли участие в работе оценочных комиссий по результатам проведения тендеров на поставку оборудования;

- разработаны технические задания на реконструкцию и проведена реконструкция помещений для установки приобретаемого оборудования и для реализации требований стандарта ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 к помещениям испытательной лаборатории.

- Задача С – анализ системы менеджмента качества.

Цель задачи – проведение полного и детального анализа необходимых усовершенствований, необходимых для перехода от существующей системы менеджмента качества к стандарту ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009.

Результат выполненной задачи:

- разработана система менеджмента качества испытательной лаборатории как часть системы менеджмента качества ВНИИА с учетом специфических требований, предъявляемых к системе менеджмента качества испытательной лаборатории стандартом ГОСТ ИСО/МЭК 17025 – 2009;

- составлен перечень документов, которые необходимо подготовить для того, чтобы система менеджмента качества создаваемой лаборатории соответствовала стандарту ГОСТ ИСО/МЭК 17025 – 2009.

- Задача D – испытания на механические и климатические воздействия.

Цель задачи – разработка детальных технических спецификаций для подготовки тендера на размещение контракта на поставку необходимого оборудования для

механических и климатических испытаний. Установка и введение в эксплуатацию поставленного оборудования. Разработка необходимых документов системы менеджмента качества для участков климатических и механических испытаний.

Результат выполненной работы:

- подготовлены детальные технические спецификации для подготовки тендера на размещение контракта на закупку оборудования для проведения испытаний аппаратуры на климатические и механические воздействия;

- разработаны документы лаборатории, требуемые стандартами ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий», ГОСТ Р ИСО/МЭК 9001-2008 «Системы Менеджмента Качества. Требования» - для участка проведения испытаний на механические и климатические воздействия;

- подготовлен и проведен тендер на поставку оборудования для проведения климатических испытаний (камера испытаний на термоудар). Подписание контракта ожидается в ближайшее время. Поставка оборудования запланирована на 2014 г.

-Задача Е – испытания на электромагнитную совместимость.

Цель задачи – разработка детальных технических спецификаций для подготовки тендера на размещение контракта на поставку необходимого оборудования для испытаний на электромагнитную совместимость. Установка и введение в эксплуатацию поставленного оборудования. Разработка необходимых документов системы менеджмента качества для участка испытаний на электромагнитную совместимость.

Результат выполненной работы:

- подготовлены детальные технические спецификации для подготовки тендера на размещение контракта на закупку оборудования для проведения испытаний аппаратуры на электромагнитную совместимость;

- подготовлены документы лаборатории, требуемые стандартами ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий», ГОСТ Р ИСО/МЭК 9001-2008 «Системы Менеджмента Качества. Требования» - для участка проведения испытаний на электромагнитную совместимость;

- подготовлен и проведен тендер на поставку оборудования для проведения испытаний на электромагнитную совместимость. Подписание контракта ожидается в ближайшее время. Поставка оборудования запланирована на 2014 г.

- проводится установка и введение в эксплуатацию оборудования для проведения испытаний на электромагнитную совместимость, приобретенного за счет средств ВНИИА.

При проведении работ по контракту была оказана всесторонняя профессиональная поддержка менеджерами по контракту и другими представителями JRC. Оказана методологическая помощь в подготовке пакета документов по системе менеджмента качества создаваемой лаборатории.

К сожалению, в процессе работы выявлен ряд причин, затянувших и существенно осложнивших выполнение работ. А именно:

- много времени потрачено на процедуру проведения тендеров. Технические спецификации были подготовлены в марте 2010 года, а первый тендер был проведен в ноябре 2011 г. Поступившие предложения в процессе проведения тендера не удовлетворяли всем необходимым условиям. Была запущена процедура повторного тендера.

- для подписания поставочного контракта от российских фирм поставщиков оборудования, выигравших тендер, требуется очень большой объем необязательных с точки зрения российского законодательства документов.

При определении фирм поставщиков оборудования, возможно, необходимо с большим доверием относиться к фирмам с положительной репутацией, определяемой сроком работы на международном рынке и отзывами потребителей. Так отсутствие некоторых документов, необязательных по российскому законодательству, но формально требуемых по процедуре тендера ЕС, у такой фирмы с положительной репутацией как BLM, привело к необходимости корректировать технические спецификации и проведению повторного тендера. Это опять, в свою очередь, затянуло срок подписания поставочного контракта.

В процессе проведения тендеров выявилось отсутствие интереса у фирм производителей к лотам с небольшой суммой поставки (Лот 2 «Установка для мониторинга параметров окружающей среды в помещении» и Лот 3 «Система контроля параметров в рабочих объемах климатической камеры»). Возможно, это связано с тем, что объем подготавливаемой для подписания поставочного контракта документации и сумма контракта несопоставимы.

Как видно из выше сказанного, все затруднения в процессе работы связаны с подготовкой поставочных контрактов на приобретаемое оборудование. Проведение работ по сервисному контракту проводилось в соответствии с техническим заданием и в указанные сроки и особых затруднений не вызвали.

Итог выполненных работ:

- подготовлен пакет документов для аккредитации лаборатории на проведение сертификационных испытаний оборудования в соответствии с предполагаемой областью аккредитации,

- подготовлены помещения для установки вновь приобретаемого оборудования,

- проводится установка испытательного оборудования на электромагнитную совместимость, приобретенного за счет средств ВНИИА,

Поставка дополнительного оборудования, приобретаемого за счет средств JRC и его установка переносятся на 2014 г.

VNIIA- JRC (Ispra) Cooperation in the Nuclear Materials Control and Accounting Area (TASIS Program). The Results and Lessons Learned from Implementation of Modern Sealing Systems

A.S. Sviridov, V.Yu. Chebykin – *FSUE VNIIA, Moscow, Russia*, Pascal Dransart – *ITU JRC EC, Ispra, Italy*

The activities performed in the framework of the TASIS Program on implementation of modern sealing systems in the State Corporation “Rosatom” organizations should be discussed.

The goal of this project is the selection of and equipping with the up-to-date seals and associated equipment in the amount sufficient at least for one year operation at the State Corporation “Rosatom” facilities. The selection of appropriate sealing systems was performed having regard to the federal and industry regulatory framework of Rosatom and the experience of the Joint Research Center of the European Commission (EC JRC ITU) in this area.

In the course of this project implementation the regulatory requirements to the sealing system as a whole and its individual elements were analyzed. The commercial off-the-shelf seals and their vendors and manufacturers were reviewed. A list of enterprises to be equipped with seals under this project was identified, but for the reason that the intergovernmental agreement has not been signed thus resulting in reduction of financing, one enterprise has been assigned for equipping with seals - FSUE “SSC RF-IPPE”. The required types of seals were selected; the requirement specifications for the seals were prepared in cooperation with FSUE “SSC RF-IPPE”. External impact tests of the selected seals were carried out (in FSUE “VNIIA”), as well as unauthorized tampering resistance tests (in the laboratory of the Institute for Transuranium Elements (EC JRC (ITU))). By the results of the tests the ITU specialists prepared recommendations on the control and verification of each seal type. The organizational structure of sealing system at the facility was analyzed. The instructions for each of the selected seal types were worked out in cooperation with ITU that specify the procedure of their application, control and removal. A contract for the procurement of seals and associated equipment was prepared and concluded in FSUE “SSC RF-IPPE”.

Consideration should be given also to the problems that emerged in the course of this project implementation, which were primarily associated with the preparation, conclusion and performance of the procurement contract.

As a result of project implementation the FSUE “SSC RF-IPPE” was equipped with the up-to-date seals complying with the requirements of the regulatory documents and operation conditions at the facility. Operation of the selected types of seals is under way. The recommendations and instructions on application of the up-to-date seals were worked out.

VNIIA (Moscow)/JRC (Ispra) Cooperation in Material Control and Accountability (TACIS)

Results and Lessons Learned in Implementation of Modern Sealing Systems

A.S. Sviridov (VNIIA), V.Yu. Chebykin (VNIIA)

Paper for Tripartite MC&A Workshop
“Results and Plans for Development of Russian SMC&A”
Obninsk, Russia, November 12-15, 2013

The objectives of the Task C were to select the sealing systems for Rosatom facilities with respect to State and Rosatom regulations and Joint Research Center (JRC EC) expertise in the field; to equip the facilities with the modern sealing systems and accessories in quantity sufficient at least for a year operation.

Material control and accountability should be accompanied by actions for storage and acknowledgement of the existing NM data. The justified selection of the seal types for different sealed objects and based-on establishment of the sealing systems at Rosatom facilities contribute to the intense improvement of the Russian MC&A system.

The following activities were specified and fulfilled for the project objectives to realize:

Activity A: Observe the current regulations for MC&A sealing system application.

In the course of the Activity the regulations of State and Rosatom level that stipulate the MC&A application of the sealing systems were observed.

Standards specifying the requirements to the sealing system components, applications, test methods and technical specifications were reviewed.

Upon Activity results the main requirements to regulations were summarized:

- to facility and the sealing system components, to handling procedures and accountability of the sealing devices starting from purchase to disposal;
- to different seal types (indicator, secure, electronic seals);
- to seal test methods and procedures.

Activity B: Prioritize the sealed objects and select facilities

In course of the Activity:

1. The main types of the objects to be sealed in the State System of Material Control and Accountability (SSMC&A) and NM-containing products were identified.

2. Requirements to the sealed object protection and principal effects on the sealed object were looked through.

3. The made analysis was used as a base for prioritization criteria of the sealed objects to be directed at improvement of MC&A system reliability.

4. Facilities for the Activity were singled out. Initially five facilities (SCC, Mayak (Fissile Material Storage), MCC, IPPE, AECC) were invited to take part in the project and they gave the positive answers. Implementation of the modern sealing systems at the above facilities could have made the MC&A system more reliable. But the available budget of the supply contract (as the RF and EC Agreement was not signed) was much reduced, it was decided at the 18th Joint Steering Committee (Rosatom and JRC) Session that only one facility was remained for implementation of the modern sealing systems under the project: IPPE.

Activity C: Analyze the available modern sealing systems

The following works were made under the Activity:

1. The sealing system types, applications and purposes were specified.

Results:

- A list of favorable seal suppliers was made up with data on the companies, their address and contact information included.

- Data on the modern seals produced by the suppliers were given. Different seal types (secure, indicator, electronic) were regarded and their technical specifications and applications were presented.

2. Technical requirements to the sealing systems in terms of their purpose were defined.

In course of the above activity jointly with IPPE the external factors aroused while the seal operation at the real MBA were specified. Upon the seal regulatory requirements and operation environment IPPE elaborated the technical requirements to the indicator and secure seals.

3. The seal types to be tested were singled out.

The technical requirements based upon the operation environment at the real MBA and IPPE needs were taken for selecting the seal type to be tested and used for further operation at the facility Seven seal types were selected.

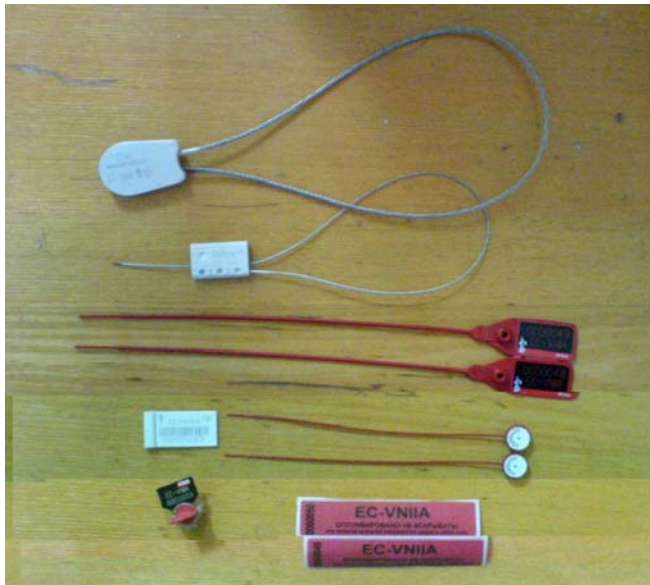


Fig. 1 Seals to be tested

Activity D: Test the selected seal types

The Activity implied the performance of the below works:

1. The Program for seal external effects tests and easy-use tests was developed.

In order to check the performance of the selected seal types under real MBA environment as well as to find out the possible problems with their application to the real container, the test programs were prepared. The test programs were composed with respect to the State Standards and regulations on the sealing systems.

Results:

- The extent and methods of environmental and mechanical tests and easy-use tests were determined.
- The testing equipment was listed.
- The program for external effects tests was developed.
- The program for easy-use was developed.

2. Tests for external effects and easy-use were conducted.

They were made at VNIIA laboratory accredited for mechanical and environmental tests of the seals. Upon the test results each seal type passed through overall estimate. All types were tested pursuant to their application. The secure seals (Scat and Cobra-M) were destructed under the load much exceeded that stated in the seal regulations.

3. Vulnerability tests were made.

They were conducted at NuTraSeal (JRC-ITU (EC)) seal identification laboratory in Ispra (Italy). The tests made by our European colleagues lead to exclusion of one seal type (indicator plastic seal VEGO manufactured by The Sealing System Center) and to modification of other type (indicator rotor-type seal PK91-px by Strazh). The JRC specialists found out several vulnerable points for each seal type and stated a train of organizational and control actions to avoid possible attempts of unauthorized seal tempering with masked traces. JRC data were used to prepare the recommendations on control and verification of each seal type.

Activity E: Implement and operate the selected seals at facilities

Within the Activity the next operations were expected:

1. The programs for the sealing system implementation were developed.

To establish a full-scale and effective sealing system a facility should settle all organizational MC&A issues, appoint the responsible personnel, define the seal handling procedures, control and accountability procedures and response procedures in case of any breach. Under the Activity in cooperation with IPPE the program for the sealing system implementation was developed in view of above points.

2. User guides for selected seal types were developed.

To cover all peculiarities of each seal type chosen for the implementation at previous stages the user guides for each seal type were made up together with IPPE under the Activity. The user guides will be expected to be taken as a base for the sealing system operation at IPPE.

The user guides contain the following data on each seal type:

- brief description of seal design and concept;
- storage procedure;
- installation and removal procedures for the sealed object;
- verification procedure for the installed seal (inspection);
- removal and destruction procedures.

The user guides were developed to state a train of actions for the personnel when installing, verifying and removing each seal type selected. The user guides were prepared regarding the test results obtained at JRC and recommendations on application and verification given by JRC specialists for each seal type.

When all tests were made a final list of seals to be supplied to IPPE was composed. JRC/Strazh Supply Contract 222905 was prepared and signed.

The main problems cropped up in course of the project were connected with preparation, signature and execution of the Supply Contract for the seals and accessories. The listed process took over a year and a half.

Despite of the Contract specific nature the tender procedure was not mandatory but all the procedures and a scope of the documents required were the same. The Terms of Reference (TOR) needed to be prepared and approved and the contractual documents should be posted on JRC website. The documentation for the contract to be signed was problematic to prepare due to a lack of experience in cooperation between Russian supplier of the seals for the project (Strazh) and the European Commission. A lot of documents required for the contract and their endorsement by the EC caused the long time delays. The contract preparation and signature took in general a year and half. When the Contract was concluded, the time delays with the contract performance were stipulated by tax exception that took a half year. But even after all above difficulties were overcome, the new ones emerged because of various requirements of the Russian and the European Law to the contractual and reporting documentation. For example the Russian Law implies the indication of the Contracting Authority bank data but the European partners were bewildered by the request for the bank data. Finally the parties managed to come to understanding. The European partners required also a certificate of origin of the seals supplied within the contract for confirmation of the seal origin from the CIS or EC. According to the Russian Law the certificates like that are issued only for the products export or import and showed to the Customs. In our case the products were delivered within the boundaries of the RF therefore the process of the certificate issue took more time and required the extra clarifications.

It would have been possible to solve a part of the problems faster if the Supply Contract has been signed between IPPE (or VNIIA) and JRC, since IPPE and VNIIA are experienced in activities of international contracts.

The common attempts allowed supplying the seals and accessories to IPPE. The provisional acceptance of the seals and accessories was made with IPPE, Strazh, VNIIA and JRC representatives. The seals supplied had the conformance certificates and the quality management certificate was also delivered.

The Fundamentals of Modeling the Processes of Performance Evaluation for the Nuclear Materials Control and Accounting System

Yu.A. Sinyakov, V.V. Blinov – *JSC VNIINM, Moscow, Russia*

Consideration should be given to the fundamentals of methodological approach to performance evaluation for the nuclear materials control and accounting system (SMC&A) in the organization carrying out the activities with the use of nuclear materials. The performance evaluation is required primarily for the preparation of reasoned proposals for the improvement of SMC&A functional model and its efficiency augmentation in the solution of nuclear material control and accounting problems.

The methodological approach is based on SMC&A model construction and analysis as a deterministic ergatic system. In this respect the use is made of the system failure probability as a system's effectiveness measure and its performance evaluation. The SMC&A investigation process is based on the analysis of processes implemented for the purposes of ensuring SMC&A, constructing the system functional model and its performance evaluation by the effectiveness measure selected with the use of one of the expert judgment methods.

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
«РОСАТОМ»

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО



ВНИИНМ «ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ
ИМЕНИ А.А.Бочвара ИМЕНИ АКАДЕМИКА А.А. БОЧВАРА» (ОАО «ВНИИНМ»)

Синяков Ю.А.

**ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
СИСТЕМЫ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Методический подход основан на построении и исследовании модели СУиК ЯМ, как детерминированной эргатической системы. При этом в качестве показателя эффективности системы и оценки ее работоспособности используется вероятность ее отказа. Процесса исследований СУиК основывается на построении функциональной модели системы и оценки ее работоспособности по выбранному показателю с использованием одного из методов экспертных оценок.

Осуществление всех видов деятельности, связанных с производством, транспортированием, переработкой, хранением ядерных материалов (ЯМ) предполагает наличие и неукоснительное выполнение строго регламентированных процедур и технологий, обеспечивающих решение следующих основных задач в области учета и контроля ЯМ:

- своевременное определение количеств ЯМ;
- составление, регистрацию и ведение учетных и отчетных документов;
- контроль санкционированного размещения и перемещения ЯМ;
- контроль доступа к ЯМ;
- наблюдение за ЯМ.

Решение этих задач в целом позволит достигнуть основных целей УиК ЯМ которые можно сформулировать следующим образом:

- своевременное обнаружение несанкционированного изменения учетных количеств ЯМ и своевременное получение информации о наличии, местонахождении, количестве составе и массе ЯМ;
- снижение до приемлемых уровней риска злонамеренных действий в отношении ЯМ.

Эффективность решения каждой задачи во многом зависит от результативности процессов, осуществляющихся в рамках системы учета и контроля ЯМ (СУиК ЯМ). Под СУиК ЯМ понимается совокупность взаимосвязанных объектов (элементов) с различными свойствами и различной природы, создаваемой в организации, осуществляющей деятельность в области использования атомной энергии.

При проведении исследования эффективности учета и контроля ЯМ (УиК ЯМ) и оценки важных элементов, влияющих на функционирование и структуру системы учета и контроля ЯМ можно рассматривать, как содержательную (семантическую) модель деятельности в области УиК ЯМ, так и материальную модель этого вида деятельности. Первая из них будет отражать **содержание** УиК ЯМ, в вторая – его **форму**. Под содержанием, в общем случае, понимается цельная, упорядоченная совокупность элементов деятельности, образующих предметную область любого процесса. Последовательная смена этих элементов во времени есть процесс осуществления деятельности, следовательно, содержание УиК ЯМ при исследовании целесообразно считать процессом.

Процесс (процессы) УиК ЯМ, как целенаправленная деятельность, в самом общем виде вполне абстрактен и ассоциируется со следующими вопросами: «**Что выполнять?**», «**Когда выполнять?**», и «**В каком порядке выполнять?**» для достижения целей учета контроля ЯМ.

Форма УиК ЯМ это та материальная среда, в которой осуществляется процесс (процессы) УиК ЯМ. Этой средой является система УиК ЯМ (СУиК ЯМ). Понятие система, как взаимосвязанная совокупность элементов различной природы, вполне абстрактно и ассоциируется с вопросами: «**Кому**

выполнять?», «**Где выполнять?»** и «**Чем выполнять?»** все то, что необходимо для осуществления УиК ЯМ.

Форма вполне материальна и имеет конкретную реализацию, а содержание является «бесплотным» (абстрактным) образом деятельности. Таким образом, УиК ЯМ, при проведении исследований вполне уместно и допустимо рассматривать совместно и как ПРОЦЕСС (абстрактный объект) и как СИСТЕМУ материальный объект.

В самом общем случае под СУиК ЯМ понимается – совокупность функционально и иерархически взаимосвязанных между собой организационных структур, персонала (специалистов), технических средств, нормативно-методических документов и процедур, объединенных для выполнения мероприятий процесса учета и контроля ЯМ.

Результаты первичного анализа системы УиК ЯМ показывают, что эта система является детерминированной эргатической (т.е. система, работающая с участием человека, в которой составные части взаимодействуют друг с другом предвидимым образом). Составными частями эргатической системы можно считать «первичные эргатические системы» как композиции специалиста, осуществляющего деятельность и индивидуальных средств деятельности.

В формализованном виде с использованием математических символов модель системы можно представить следующим образом:

$$M^{СУиК} \subset \times \{ M^{Орс}; M^{Спец}; M^{ТСр}; M^{Док}; M^{Проц} \}, \quad (1)$$

где:

$M^{СУиК}$ – модель системы учета и контроля ядерных материалов;

$M^{Орс}$ – модель организационной структуры СУиК ЯМ;

$M^{Спец}$ – модель специалиста (персонала);

$M^{Док}$ – модель нормативно-технических документов, регламентирующих процессы и процедуры УиК ЯМ;

$M^{Проц}$ – модель процедур (установленного порядка осуществления деятельности);

$\subset \times$ - содержится в декартовом произведении.

В выражении (1) «в декартовом произведении» означает, что в выражении учтены все реально существующие связи и отношения.

Прямое или декартово произведение множеств это операция, которая позволяет устанавливать отношения между элементами упорядоченного множества. Это понятие можно обобщить, на произведение *алгебраических, топологических*, и других объектов (элементов), таким образом, что произведение двух объектов будет наследовать структуры, имевшиеся на множествах-носителях исходных объектов, С учетом выше изложенного обобщенную модель СУиК ЯМ описанную в выражении (1) можно считать вполне адекватной.

Человека, как элемент в эргатической системе, целесообразно рассматривать в сложных композиционных отношениях (рис. 1.).

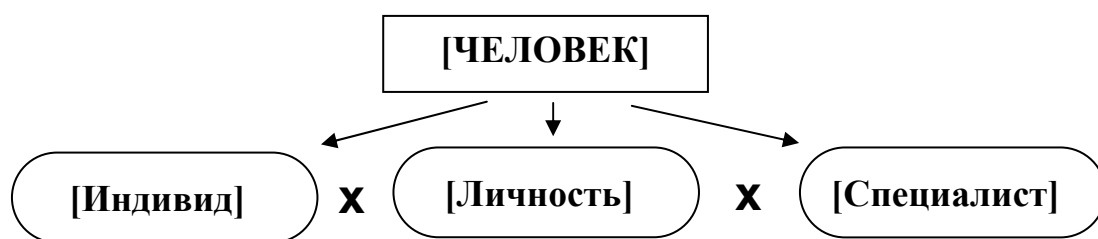


Рис. 1. Композиционные отношения

Соответственно:

«**ИНДИВИД**» - отдельная единица в коллективе людей, который характеризуется общностью профессиональной деятельности;

«**ЛИЧНОСТЬ**» - человек, с точки зрения присущей совокупности свойств, черт характера, поведения и т.д.;

«**СПЕЦИАЛИСТ**» - человек, профессионально занимающийся тем или иным видом специального труда.

Модель специалиста в области УиК ЯМ в формализованном виде можно представить следующим выражением:

$$M^{Спец} \subset \times \{M^{б.сmp}; M^{ф.сmp}; M^{н.сmp}\}, \quad (2)$$

где:

$M^{Спец}$ – модель специалиста;

$M^{б.стр}$ – модель биологической структуры специалиста;

$M^{ф.стр}$ – модель физической структуры специалиста;

$M^{п.стр}$ – модель психической структуры специалиста;

$\subset \times$ - содержится в декартовом произведении.

В модели психической структуры специалиста должны быть отражены знания в области состава и структуры деятельности в области учета и контроля ЯМ (психические образования знаний, умений, навыков) включая:

- результаты деятельности при решении задач УиК ЯМ;
- субъекты деятельности по УиК ЯМ (ЯМ, средства измерения ЯМ, средства наблюдения и контроля доступа к ЯМ, процессы обращения с ЯМ и т.д.);
- взаимодействия при осуществлении деятельности по УиК ЯМ (человеческие, антропотехнические, технические);
- другие аспекты деятельности в области УиК ЯМ.

Деятельность по УиК ЯМ (совокупность процессов, выполняемых специалистами в области учета и контроля), осуществляемая в рамках СУиК ЯМ представляет собой сложную композицию (рис.2.):

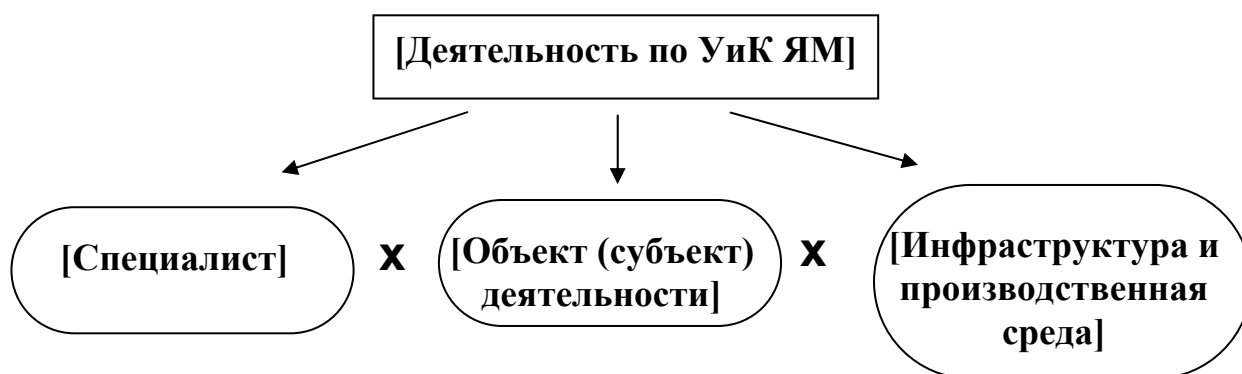


Рис. 2. Композиция деятельности

С учетом вышеизложенного и анализа результатов декомпозиции основных целей гипотетической СУиК ЯМ можно определить основные, элементы деятельности (процедуры) в области УиК ЯМ (содержание УиК ЯМ).

В одном из вариантов формализации содержания УиК ЯМ (с использованием теории графов) – модель деятельности может быть представлена мультиграфом.

$$G \{ \beta_k ; L_\beta ; \Gamma_{\beta,\beta}^{(j)} \}, \quad (3)$$

где:

β_k – множество видов деятельности по УиК ЯМ;

L_β – множество свойств видов деятельности по УиК ЯМ;

$\Gamma_{\beta,\beta}^{(j)}$ – семейство отображения множества видов деятельности по УиК ЯМ в себя.

$\beta \in \{ \beta_k \mid K = \overline{1, n} \}$ - множество из n видов деятельности

Предварительный анализ деятельности по УиК ЯМ позволил к числу основных видов деятельности по УиК ЯМ отнести следующие представленные в таблице 1. В этом случае $\beta \in \{ \beta_k \mid K = \overline{1, 35} \}$

Таблица 1 – Основные виды деятельности

β_k	Виды деятельности
1	Проведение измерений изотопного состава ЯМ
2	Проведение измерений массы (объема) ЯМ
3	Проведение измерений содержания ЯМ
4	Определение количества измеряемого ЯМ
5	Определение количества ЯМ по расчетным методикам
6	Контроль определения количества ЯМ при проведении расчетов
7	Проведение измерений массы (объема) ЯМ, передаваемого в РАО
8	Определение состава ЯМ. Передаваемого в РАО
9	Проведение оценки состава ЯМ в потерях
10	Контроль правильности оценки потерь
11	Определение количества отправляемого материала
12	Проведение подтверждающих измерений контроля качества измерений
13	Определение инвентаризационной разницы и ее границ
14	Проверка и подтверждение атрибутивных признаков учетных единиц с ЯМ и целостности пломб и упаковок с ЯМ
15	Проверка сопроводительной документации
16	Проверка правильности размещения ЯМ в местах соответствующих требованиям норм и правил в области использования атомной энергии
17	Формирование и ведение учетно-отчетных документов (регистрация и ведение учетных данных)
18	Подготовка и проведение физических инвентаризаций, и расчет фактически наличного количества ЯМ
19	Выявление и анализ аномалий

20	Контроль технологических процессов
21	Определение и учет ЯМ в технологических процессах
22	Учет ЯМ на хранении
23	Подведение материального баланса
24	Учет транзакций отправителя и получателя ЯМ
25	Оснащение и эксплуатация автоматических портальных мониторов обнаружения ЯМ
26	Оснащение и эксплуатация автоматических металлодетекторов
27	Оснащение и эксплуатация ручных металлодетекторов
28	Оснащение и эксплуатация ручных мониторов для обнаружения ЯМ
29	Обеспечение обнаружения ЯМ на границах зон баланса ЯМ и защищенных зон (в автоматическом и/или ручном режимах)
30	Оснащение и эксплуатация устройств сигнализации, визуального и/или технического контроля
31	Обеспечение обнаружения проникновения в места хранения ЯМ
32	Обеспечение визуального и автоматизированного контроля доступа в ЗБМ
33	Контроль доступа к чувствительному оборудованию и/или данным
34	Обеспечение сохранности ключей, паролей и достоверности полномочий лиц, осуществляющих обращение с ЯМ
35	Контроль доступа, локализации и перемещения ЯМ

С учетом видов деятельности (процессы - содержательная часть УиК ЯМ) возможно построение функциональной модели системы учета и контроля ЯМ, где основные подсистемы будут связаны через логические элементы:

«ИЛИ» - нарушителю, достаточно преодолеть какой либо один из элементов (одну из подсистем) системы УиК ЯМ для осуществления несанкционированного обращения ЯМ;

«И» - нарушителю необходимо преодолеть все элементы (подсистемы) СУиК ЯМ для осуществления несанкционированного обращения ЯМ.

Функциональная модель СУиК ЯМ позволяет построить дерево отказов и определить показатели работоспособности (действенности, эффективности) элементов (подсистем) СУиК ЯМ. Дерево отказов СУиК ЯМ включает в себя всевозможные цепочки исходных событий, влекущих отказ срабатывания системы учета и контроля ЯМ в целом – так называемые минимальные сечения. Реализация любой такой цепочки (любого минимального сечения) соответствует неспособности системы обеспечить решение основных задач учета и контроля ЯМ.

Для количественной оценки (измерения) эффективности СУиК ЯМ в предложенном методическом подходе целесообразно использовать показатель, который выражает степень работоспособности СУиК с точки зрения противодействия внутреннему нарушителю. К числу таких показателей относится показатель, количественно определяемый как вероятность отказа СУиК ЯМ – $P_{отк}$.

С учетом построения дерева отказов, можно сформировать математическую модель, связывающую вероятности отказа верхнего события срабатывания (функционирования) системы учета и контроля ЯМ с иерархически нижними событиями. В целом это позволяет провести анализ уязвимости системы и выявить – наиболее слабые мест в системе учета и контроля ЯМ (критически минимальных сечения на функциональной схеме СУиК ЯМ), улучшение которых наиболее необходимо.

Анализируя в общих чертах зависимость эффективности СУиК от различных объектов (элементов) системы и процессов, осуществляемых в ее рамках, можно сделать вывод, что задача оценки эффективности с точки зрения ее формализации довольно сложная.

С учетом того, что главным действующим фактором, влияющим на эффективность любой эргатической системы является человек, можно заключить, что построить математическую модель СУиК ЯМ, связывающую обобщенную формализованную цель УиК ЯМ в виде функции от обобщенных параметров, влияющих на управление процессами, осуществляемыми в рамках СУиК ЯМ, практически не возможно.

Для проведения оценок эффективности СУиК ЯМ на основе построения функциональной модели и дерева отказов целесообразно использовать один из методов экспертных оценок, позволяющий решить задачу оценки эффективности СУиК ЯМ, неподдающуюся решению аналитическим способом.

Метод экспертных оценок это процедура получения значения вероятности отказа $P_{отк}$ СУиК ЯМ на основе мнения специалистов (экспертов).

Основополагающей идеей метода является введение функциональной взаимосвязи между оценкой, выставляемой экспертом и значением относительной вероятности отказа базового элемента (элемента для которого вероятность отказа определяется методом экспертных оценок).

Этот метод предполагает:

- построение общей функциональной модели системы УиК ЯМ и определение структуры дерева отказов;
- разработку вопросника (анкеты) – в котором определены параметры, стандарты работоспособности и вопросы, позволяющие дать оценку работоспособности элементов системы УиК ЯМ;
- выполнения экспертных оценок базовых элементов по соответствующей методике;
- анализ дерева отказов с использованием программных ресурсов.

Общая схема (порядок) метода экспертных оценок:

- 1) Экспертная оценка качества выполнения по вопроснику;
- 2) Получение набора вероятностей отказов базовых элементов проводится статистиком;
- 3) Усреднение оценок по базовому элементу;
- 4) Расчет относительной вероятности отказа базового элемента;
- 5) Анализ и обработка выбросов;
- 6) Усреднение вероятностей отказа различных экспертов;
- 7) Передача результатов для анализа дерева отказов.

При анализе результатов оценок и их обработки производится перевод из шкалы категорий качественной оценки с диапазонами «требуется улучшение», «приемлемо», «хорошо» в диапазон значений относительной вероятности отказа $P_{отк}$ [0,001; 0,99] (таблица 2).

Таблица 2 – Диапазоны значений

Экспертная оценка качества работы базового элемента по шкале категорий	Вероятность отказа
«хорошо»	$0,001 \leq P_{\text{отк}} \leq 0,01$
«приемлемо»	$0,01 \leq P_{\text{отк}} \leq 0,1$
«требуется улучшение»	$0,1 \leq P_{\text{отк}} \leq 0,99$

Разброс результатов экспертных оценок считается приемлемым, если все результаты оценок лежат в пределах какой-либо одной, либо максимум в двух смежных категориях («хорошо», «приемлемо», «требуется улучшения»). Оценки выставляются согласно принципу: «Чем лучше осуществляется работа базового элемента в части данного вопроса, тем выше величина оценки (балл) этого вопроса». Оценки выставляются в диапазоне [2, 5] с интервалом 0,2 (таблица 3).

Таблица 2. Значение оценок, В

Значение оценки, В
2
2,2
2,4
2,6
2,8
3
3,2
3,4
3,6
3,8
4
4,2
4,4
4,6
4,8
5

Практическую обработку результатов экспертных оценок можно выполнять с использованием электронной таблицей Microsoft Excel.

Оценки по всем вопросам усредняются с учетом весов различных вопросов по формуле (1) усреднения экспертных оценок:

$$B_i = \sum_{k=1}^K w_k \cdot B_{i,k}, \quad (4)$$

где:

B_i – средняя оценка i -го базового элемента;

$B_{i,k}$ – величина оценки k -го вопроса, i -го эксперта;

w_k – нормированный вес k -го вопроса $\left(\sum_{k=1}^K w_k = 1\right)$;

K – полное число вопросов по данному базовому элементу.

Расчет относительной вероятности отказа базового элемента $P_{\text{ОТК}}$ можно провести по формуле:

$$P_{\text{ОТК}i}(B_i) = P_{\text{ОТК}_{\min}} \frac{B_i - B_{\min}}{B_{\max} - B_{\min}} = P_{\text{ОТК}_{\min}} \frac{B_i - B_{\min}}{\Delta B} = 0.001 \frac{B_i - 2}{3}, \quad (5)$$

где:

$P_{\text{ОТК}i}(B_i)$ – величина относительной вероятности отказа базового элемента, полученная на основании оценок i -го эксперта;

$P_{\text{ОТК}_{\min}}$ – наименьшее значение вероятности отказа, соответствующее самой высокой (лучшей) оценке. В данной методике $P_{\text{ОТК}_{\min}} = 0,001$;

B_i – средняя оценка данного базового элемента i -м экспертом;

B_{\min}, B_{\max} – верхняя и нижняя границы диапазона выбора экспертных оценок.

В настоящей методике $B_{\min} = 2$, $B_{\max} = 5$.

$\Delta B = B_{\max} - B_{\min}$ – ширина диапазона экспертных оценок.

Полученные окончательные значения вероятности отказа целесообразно усреднить по формуле:

$$P_{\text{ОТК}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{\text{ОТК}i} \quad (6)$$

где:

$P_{\text{ОТК}}$ – средняя, окончательная экспертная оценка вероятности отказа данного базового элемента.

$P_{\text{ОТК}i}$ – величина вероятности отказа базового элемента, полученная по оценке i -го эксперта;

N – число экспертов, выполняющих оценку данного базового элемента, результаты которых учитываются.

На следующем этапе оценки необходимо произвести анализ дерева отказов и состояния СУиК ЯМ по следующим критериям:

- Расчет вероятности отказа верхнего события дерева отказов – вероятности отказа работы всей системы УиК ЯМ;
- Расчет секущих множеств (наименьшей группы базовых событий, одновременный отказ которых приводит к отказу всей системы УиК ЯМ), позволяющей определить как степень эшелонированности системы, так и определить наиболее критичные сечения в зависимости от текущего состояния системы УиК ЯМ;
- Расчет значимости базовых элементов дерева отказов по коэффициентам снижения и увеличения риска, а так же ряда других критериев.

В данной статье кратко описаны основы научно-методического подхода к моделированию процесса оценки эффективности СУиК ЯМ.

С использованием методического подхода возможно получение количественной оценки эффективности СУиК ЯМ по показателю вероятность отказа. Результаты оценки можно использовать для определения приоритетов при распределении ресурсов и усилий, необходимых для обеспечения требуемой эффективности при решении задач в области учета и контроля ЯМ.

Human Factor in Support of the Sustainability Plan

S.T. Shchetnikova, V.Yu. Chukov, G.V. Lavrentieva – *FSUE
SRI SPA Luch, Podolsk, Russia*

Consideration should be given to the role of authorized personnel in ensuring efficient and sustainable operation of SMC&A and the practical steps of FSUE SRI SPA “Luch” specialists aimed at raising responsibility, expertise of the people whose activities are associated with NM management.

It is only the trained, skilled and competent personnel continuously improving the skills and supplementing the fundamental knowledge that appears to be the guaranty of long-term and fail-safe operation of the facility, one of the key elements of activities in NM protection against unauthorized actions and reduction of risks due to the human factor.

Taking the human factor into account in ensuring safe operation of nuclear facility is as significant as reliable performance of engineering systems. A comprehensive approach to MBA personnel training, regular control of the quality of training and adequacy of academic education, job skills to the job duties, development and improvement of the regulatory framework is aimed at preventing human errors, their timely detection, minimization of negative consequences.

ТРЕХСТОРОННИЙ СЕМИНАР ПО УЧЁТУ И КОНТРОЛЮ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Человеческий фактор в долгосрочном обеспечении работоспособности СФЗ УиК ЯМ

В.Ю.Чуков, Г.В.Лаврентьева, С.Т.Щетникова

ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ», г. Подольск

Долгосрочное обеспечение работоспособности СФЗ УиК ЯМ – это целая система различных мероприятий, как организационных, так и технических. Однако эти мероприятия будут успешными при условии, что их «движущая сила» – персонал, будет обладать определенным набором профессиональных знаний и навыков, ясно понимать степень влияния своего действия или бездействия на безопасность ядерных материалов, устойчивую работу систем ФЗ и осознавать те возможные последствия, к которым могут привести кажущиеся незначительными нарушения.

Только хорошо подготовленный, обученный и квалифицированный персонал, персонал, постоянно совершенствующий практические навыки и пополняющий теоретические знания, является гарантией долгой и безаварийной работы предприятия, одним из важнейших составляющих работ по защите ЯМ от несанкционированных действий и снижению риска, обусловленного человеческим фактором.

Обучение.

Вопрос организации обучения уполномоченного персонала – это один из элементов международного проекта по долгосрочному обеспечению работоспособности СФЗ УиК ЯМ, который реализуется на ЛУЧе при поддержке США.

Временные рамки работ по подготовке персонала, отвечающего требованиям, предъявляемым к персоналу ЯОО, установить сложно. Это ежедневный совместный труд коллектива единомышленников: специалистов по ФЗ УиК ЯМ, отдела подготовки и адаптации персонала, руководителей всех уровней.

В работе по подготовке и повышению квалификации уполномоченного персонала можно выделить несколько составляющих:

1. Подготовка уполномоченного персонала в учебных центрах;
2. Проведение обучающих семинаров силами специалистов ЛУЧа;
3. Обучение на рабочем месте в ЗБМ.

Каждый год в ЗБМ рассылается программа обучения УМЦУК. Сформировать план обучения помогает целевая направленность курсов на определенные категории персонала (например, для материально-ответственных лиц, специалистов по измерениям, членов инвентаризационных комиссий, руководителей ЗБМ). План обучения составляется по результатам предварительного анализа функциональных обязанностей и компетенций различных категорий уполномоченного персонала.

ЛУЧ проводит опрос сотрудников, возвратившихся с обучения. Цель опроса – определить актуальность программ обучения и достаточности полученных на курсах знаний для выполнения работ по УиК ЯМ в ЗБМ нашего предприятия, дать качественную оценку курсов и их организации. К тому же, опрос позволяет выявить отношение персонала к вопросам повышения квалификации. Действительно сотрудник внимательно изучил материалы курса или просто отбыл время, потому что послал начальник.

Изучению подлежат и методические материалы курсов, которые используются:

- как материал для самоподготовки в ЗБМ;

- при подготовке материалов для проведения обучающих семинаров;
- при разработке нормативной документации по УиК ЯМ.

ЛУЧ ведет базу данных по обучению персонала в учебных центрах, что позволяет отследить периодичность обучения. Необходимость в обучении отдельных сотрудников также может быть обусловлена результатами проверок, рабочей группой по проверке функционирования СФЗ УиК ЯМ и результатами аттестации.

Аттестация в поддержании квалификации уполномоченного персонала играет немаловажную роль. И хотя при проведении аттестации разрешено пользоваться нормативными документами, все равно для ответа на вопросы в билете нужно время, и если сотрудник заранее не готовился, то нормативная документация мало поможет. Билеты сформированы таким образом, чтобы охватить все основные составляющие УиК ЯМ в ЗБМ.

Обучение уполномоченного персонала на ЛУЧе проводится в соответствии с инструкцией «Обучение персонала, ответственного за учет и контроль ядерных материалов в ЗБМ». Инструкция содержит программы обучения для различных категорий уполномоченного персонала ЗБМ:

- уполномоченных по учету и контролю ЯМ;
- материально-ответственных лиц;
- ответственных исполнителей;
- ответственных за измерения;
- хранителей пломб;
- исполнителей по пломбированию.

При составлении программ учитывались требования отраслевых документов к теоретической подготовленности, практическим навыкам и функциональным обязанностям различных категорий. Программы состоят из отдельных блоков:

- основные принципы УиК ЯМ;
- нормативные документы, определяющие требования к организации УиК ЯМ;
- организационная структура;
- обязанности и ответственность уполномоченного персонала;
- учетные и отчетные формы, требования к их ведению;
- возможные нарушения, аномалии и действия персонала при их обнаружении.

План обучающих семинаров на год составляет ОУиК ЯМ. Ведут семинары сотрудники, имеющие большой опыт работы в УиК ЯМ. Большинство из них прошло обучение по курсу «Системный подход к обучению». Тематика семинаров формируется по основным направлениям УиК ЯМ в ЗБМ, Ежегодно проводятся семинары:

- по вопросам организации учета и контроля пломб в ЗБМ (проводит администратор пломб предприятия для хранителей пломб и исполнителей по пломбированию ЗБМ);
- подготовки и проведению физической инвентаризации ЯМ;
- организации перевода ЯМ в категорию РАО;
- оперативно-техническому учету и измерениям параметров ЯМ в ЗБМ.

Как правило, семинары не ограничиваются заявленной темой. В дополнение к заявленной тематике в семинарах часто принимают участие члены рабочих групп по проверке функционирования СФЗ УиК ЯМ, культуре физической ядерной безопасности, представители централизованной службы учета РВ и РАО. Эти сообщения были посвящены:

- результатам проведенных проверок, выполнению планов мероприятий по ликвидации выявленных нарушений;
- требования к подготовке ЯМ к переводу в категорию РАО. В последних сообщениях членов рабочей группы по культуре физической ядерной безопасности рассматривались вопросы мотивации обучения персонала, анализировались возможные последствия

незначительных отклонений от нормативных требований, необходимости соблюдения правил информационной безопасности.

Участие в объектовом контроле.

Практическая составляющая обучения – участие персонала (уполномоченных по УиК ЯМ, материально-ответственных лиц, ответственных за измерения и хранителей пломб) в проверках функционирования УиК ЯМ в ЗБМ. При проведении проверок персоналу надо подтвердить теоретические знания на практике: проверяющий должен знать порядок ведения УиК ЯМ, выявить нарушения в действиях персонала проверяемой ЗБМ, убедить нарушителей в неправомерности их действий, предложить пути решения проблемы. Это один из способов проверки качества знаний. И еще одна задача - это «разговорить» персонал, вовлечь в дискуссию. А чтобы всем всё было понятно, дополнительно при проверках проверяется знание персоналом терминов и определений, используемых в УиК ЯМ.

К тому же, выявленные у коллеги по работе нарушения персонал вряд ли будет повторять в своей ЗБМ. А участие в разработке и обсуждении корректирующих мероприятий по предотвращению нарушений помогает в дальнейшем найти пути решения сложных вопросов у себя.

В целом, работа группы по проверке функционирования направлена не только на выявление нарушений и примерное наказание их виновников. Главное - определить и проанализировать причины, которые привели к данному нарушению. Была ли эта ошибка допущена по халатности или невнимательности персонала, из-за неточного соблюдения процедур и правил, слабой профессиональной подготовки или вызвана другими причинами. Сами нарушения рассматриваются, прежде всего, как источник опыта, из которого можно извлечь пользу для других ЗБМ, и только, во-вторых, являются предметом разбирательства.

Документирование действий персонала

В результате многолетнего сотрудничества с национальными лабораториями США на ЛУЧе создана современная, высокотехнологичная СФЗ УиК ЯМ, направленная на решение задач по сохранности ядерных материалов и предотвращению из несанкционированного использования.

Одна из составляющих долгосрочного обеспечения работоспособности этой системы – нормативная база, определяющая требования по вопросам организации УиК ЯМ.

Разработанные на ЛУЧе нормативные документы определяют требования по организации работ для всех ключевых видов деятельности в области УКиФЗ ЯМ. Требования, изложенные в них, не противоречат действующим нормативным документам федерального и отраслевого уровней и учитывают специфику предприятия. При разработке документа внимание уделяется следующим вопросам:

- требования излагают четко и ясно;
- формулировки нормативного документа не допускают двоякости понимания, тогда персонал будет испытывать доверие к нормативному документу.

Обязательная составляющая нормативной документации - описание возможных нарушений, нестандартных ситуаций и аномалий и действия персонала при их обнаружении. Каждый сотрудник ЗБМ должен четко знать, что является нарушением, нестандартной ситуацией, как себя вести: кому сообщить, что делать самому или надо дождаться указаний руководства. Неграмотными действиями можно только усугубить ситуацию. Это особенно важно для процедур, работающих на стыке систем ФЗ и УиК ЯМ, например, по контролю допуска.

Все нормативные документы подлежат обязательной проверке на актуальность, в них регулярно вносятся изменения. Периодичность проверки определяется действующими на предприятии требованиями. Изменения связаны, прежде всего, с

введением в действие новых нормативных документов федерального и отраслевого уровней. Но проверка на актуальность-это, прежде всего, качественный анализ документа. Большинство изменений - дополнение, конкретизация, разъяснение тех или иных действий персонала введение дополнительных глав или разделов, учетных или отчетных форм. Чаще всего изменения вносятся по результатам работы группы по проверке эффективности и анализу результатов аттестации. Если персонал нескольких ЗБМ при выполнении операций с ЯМ совершает аналогичные ошибки, и не понимает сути нарушений и причин их возникновения, то начинать надо с нормативных документов. Помогают в актуализации нормативных документов замечания и предложения от персонала ЗБМ.

В одном документе трудно специфику обращения ЯМ во всех ЗБМ, поэтому в каждой ЗБМ разработаны:

- Положение по УиК ЯМ;
- Процедура по оперативно-техническому учету;
- Процедура по организации физической инвентаризации ЯМ;
- Программа измерения параметров ЯМ;
- Процедура применения пломб в целях УиК ЯМ.

Требования к структуре и содержанию этих НД определены документами ЛУЧа. Их создание проходит под методическим руководством и контролем ОУиК ЯМ.

С целью информационного обмена, повышения оперативности работы с документами на ЛУЧе в сети поддержки создана база данных, включающая в себя тексты нормативных документов федерального и отраслевого уровня (НП, ГОСТы, ОСТы, руководства по безопасности, методические рекомендации, инструкции и т.д.), классифицированные по различным направлениям УиК ЯМ. Здесь же размещены нормативные документы, разработанные на ЛУЧе и в ЗБМ, а также проекты документов, готовящихся к выпуску. Свободный доступ пользователей ЗБМ к базе данных помогает:

- установить информационный обмен между исполнителями и разработчиками документов;
- получать разъяснения и ответы на вопросы в режиме он-лайн;
- выявить необходимость в разработке дополнительных процедур, организации семинаров, проведении практических занятий;
- расширить теоретические знания по УиК ЯМ.

Человеческий фактор - необходимый компонент надежной и безопасной работы любого ядерного объекта. Полностью исключить воздействие человеческого фактора на долгосрочное обеспечение работоспособности УиК ЯМ в настоящий момент невозможно, но снизить его влияние можно за счет постоянной скоординированной работы:

- по повышению надежности персонала, формированию у него повышенного чувства ответственности при работе с ЯМ;
- совершенствованию нормативной базы, определяющей требования к организации УиК ЯМ;
- по подготовке и повышению квалификации персонала.

Литература

1. «Методические указания по организации и проведению подготовки и повышения квалификации персонала открытых акционерных обществ, учреждений, федеральных государственных унитарных предприятий, подведомственных Госкорпорации «Росатом», в области учета, контроля и физической защиты ядерных материалов», введенные приказом Госкорпорации «Росатом» от 20 апреля 2009 г. № 248
2. Четвертая Российская Международная Конференция по Учету, Контролю и Физической защите Ядерных Материалов, 2009 Обнинск
3. Человеческий фактор в ядерной безопасности, И.А.Хрипунов, «Безопасность окружающей среды», № 4 2008

Establishing the Nuclear Security Culture in Ukraine

A.V. Gavrilyuk-Burakova – Nuclear Research Institute of the Ukrainian NAS MPC&A TC named after J. Kuzmich, Kiev, Ukraine

Consideration should be given to the issues related to implementation and development of nuclear security culture. In particular, the following issues are discussed:

- introduction of IAEA recommendations to the Ukrainian regulatory framework;
- a joint Program of the U.S. DOE and the Nuclear Research Institute of the Ukrainian NAS on nuclear security culture improvement;
- setting up of a Working Group on nuclear security culture;
- Action Plan for the Working Group, stages and progress of its implementation from 2010 to 2013;
- a contribution of the Training Center to the Program implementation: development and performance of the training course on nuclear security culture, elaboration of regulatory and legal documents, development of visual aids in the area of nuclear security and methodological assistance to nuclear facilities in Ukraine.

Становление культуры физической ядерной безопасности в Украине

**Гаврилюк В.И., Гаврилюк-Буракова А.В., Драпей С.С.,
Пархоменко В.В., Проскурин Д.В., Романова Е.П.**

*Учебный центр по физической защите, учету и контролю ядерного материала
имени Джорджа Кузмича, Институт ядерных исследований НАН Украины*

В соответствии с Поправкой к Конвенции о физической защите ядерного материала к основоположным принципам физической защиты (принцип F) относится – «культура физической ядерной безопасности». Принцип гласит, что «все организации, осуществляющие физическую защиту, должны уделять особое внимание культуре физической ядерной безопасности».

Международное агентство по атомной энергии в 2008 году в Серии изданий по физической ядерной безопасности опубликовало документ № 7 «Nuclear security culture».

В документе подчеркнуто, что формирование и развитие культуры физической ядерной безопасности являются одним из необходимых условий обеспечения безопасности использования ядерной энергии. Культура физической ядерной безопасности должна быть присущей персоналу ядерных установок, объектов, предназначенных для обращения с радиоактивными отходами, другими источниками ионизирующего излучения, и прежде всего персоналу подразделения физической защиты, охраны, учета и контроля ядерных материалов.

Впервые понятие «культура физической ядерной безопасности» в Украине было определено в нормативно-правовом акте «Общие требования к системе физической защиты ядерных установок и ядерных материалов», утвержденном приказом Госатомрегулирования Украины в 2008 году, как «набор характеристик и особенностей деятельности организации и отдельных лиц, по которому устанавливается, что проблемам физической защиты ядерных установок и ядерных материалов как таковым, что имеют высший приоритет, уделяется внимание, определяемое их значимостью».

В 2009 году в связи с ратификацией Украиной Поправки к Конвенции о физической защите ядерного материала в ряд статей Закона Украины «О физической защите ядерных установок, ядерных материалов, радиоактивных отходов, других источников ионизирующего излучения» внесены изменения и дополнения: определено понятие «культура физической ядерной безопасности»; к основам, на которых проводится государственная политика по физической защите, отнесено «признание приоритета культуры физической ядерной безопасности»; к полномочиям органа государственного регулирования физической защиты отнесится «разработка и осуществление мероприятий по формированию культуры физической ядерной безопасности».

15 ноября 2010 года Президент Украины своим Указом № 1035/2010 утвердил «Национальный план по реализации Рабочего плана Вашингтонского саммита по ядерной безопасности на 2010–2012 годы».

Пункт 8 Национального плана поручил Министерству топлива и энергетики Украины, Государственному комитету ядерного регулирования Украины, Министерству чрезвычайных ситуаций Украины при участии Национальной академии наук Украины «активизировать работу по формированию культуры физической ядерной безопасности на предприятиях, деятельность которых связана с использованием ядерной энергии».

Активная работа по формированию и развитию культуры физической ядерной безопасности в Украине начала проводиться с 2010 года.

Госатомрегулированием Украины была создана рабочая группа по формированию, развитию и поддержке культуры физической ядерной безопасности в организациях, которые осуществляют деятельность в области использования атомной энергии (далее – Рабочая группа).

В состав рабочей группы входят:

- ✓ представители центрального органа исполнительной власти, отвечающие за выполнение требований физической защиты;
- ✓ заместители руководителей ядерных установок по физической защите и режиму;
- ✓ представители учебных заведений, которые осуществляют подготовку, переподготовку и повышение квалификации специалистов по физической защите, учету и контролю ядерных материалов.

Согласно Положению о Рабочей группе:

- ✓ Рабочая группа создается при Госатомрегулировании Украины;
- ✓ в своей деятельности Рабочая группа руководствуется Конституцией и законами Украины, указами Президента Украины, актами Кабинета Министров Украины, Госатомрегулирования Украины и Положением о Рабочей группе.

Основными задачами Рабочей группы являются:

- ✓ изучение опыта формирования и развития культуры физической ядерной безопасности в других странах и обобщение лучшей мировой практики;
- ✓ анализ состояния культуры физической ядерной безопасности на ядерных установках, объектах, предназначенных для обращения с радиоактивными отходами;
- ✓ подготовка предложений касательно путей формирования, развития и поддержки высокого уровня культуры физической ядерной безопасности;
- ✓ содействие формированию, развитию и поддержке высокого уровня культуры физической ядерной безопасности ядерных установок, объектов, предназначенных для обращения с радиоактивными отходами;
- ✓ организация разработки учебных материалов и проведения соответствующих учебных курсов по вопросам культуры физической ядерной безопасности для руководителей и представителей ядерных установок, объектов, предназначенных для обращения с радиоактивными отходами;
- ✓ организация разработки средств наглядной агитации по вопросам культуры физической ядерной безопасности и их распространения на ядерных установках, объектах, предназначенных для обращения с радиоактивными отходами;
- ✓ содействие созданию на ядерных установках, объектах, предназначенных для обращения с радиоактивными отходами, групп по формированию, развитию и поддержке высокого уровня культуры физической ядерной безопасности, предоставление группам необходимой методической помощи;
- ✓ организация взаимодействия с государственными органами, ядерными установками, объектами, предназначенными для обращения с радиоактивными отходами, другими учреждениями и организациями, соответствующими международными организациями по вопросам формирования, развития и поддержки высокого уровня культуры физической ядерной безопасности;
- ✓ организация разъяснительной работы по вопросам культуры физической ядерной безопасности среди общественности, персонала ядерных установок, объектов, предназначенных для обращения с радиоактивными отходами, населения мест компактного проживания персонала ядерных установок, преподавателей и студентов высших учебных заведений, которые готовят специалистов в области ядерной науки и техники, путем освещения вопросов культуры физической ядерной безопасности в специальных изданиях и средствах массовой информации;
- ✓ изучение опыта формирования культуры ядерной безопасности и подготовка предложений по использованию этого опыта при проведении мероприятий по формированию, развитию и поддержке высокого уровня культуры физической ядерной безопасности;
- ✓ разработка критериев оценки состояния культуры физической ядерной безопасности коллективов и отдельных индивидуумов;

- ✓ подготовка рекомендаций по решению проблем.

В выполнении задач, стоящих перед рабочей группой, значительную роль сыграла методическая и финансовая помощь Министерства энергетики США.

На протяжении 2010-2013 годов Рабочая группа провела шесть заседаний на разных ядерных установках Украины.

К основным результатам работы Рабочей группы следует отнести:

- ✓ заявления руководителей эксплуатирующих организаций и ядерных установок о политике в сфере физической защиты и признания приоритета культуры физической ядерной безопасности;
- ✓ создание на ядерных установках рабочих групп по формированию и внедрению культуры физической ядерной безопасности, утверждение рабочих планов по культуре физической ядерной безопасности и их успешное выполнение;
- ✓ назначение ответственных лиц за формирование и развитие культуры физической ядерной безопасности на ядерных установках;
- ✓ включение в программы подготовки персонала в УТЦ АЭС вопросов культуры физической ядерной безопасности;
- ✓ формирование у персонала убеждения в необходимости четкого и неукоснительного выполнения правил и требований физической защиты;
- ✓ разработка средств наглядной агитации по культуре физической ядерной безопасности;
- ✓ освещение вопросов культуры физической ядерной безопасности в региональных средствах массовой информации;
- ✓ анкетирование персонала ядерных установок с целью определения уровня его знаний по культуре физической ядерной безопасности;
- ✓ включение с 2010 года в программу ежегодной Украинской конференции по физической защите, учету и контролю ядерных материалов докладов по тематике культуры физической ядерной безопасности;
- ✓ периодическое повышение квалификации персонала подразделений физической защиты, учета и контроля ядерных материалов, охраны по вопросам культуры физической ядерной безопасности.

В соответствии с Порядком функционирования государственной системы физической защиты, утвержденным постановлением Кабинета Министров Украины в 2011 году, Госатомрегулирование Украины в рамках предоставленных ей полномочий разрабатывает и осуществляет мероприятия по формированию культуры физической ядерной безопасности, координирует деятельность субъектов государственной системы физической защиты, касающуюся повышения уровня культуры физической ядерной безопасности. Министерство внутренних дел Украины в рамках своих полномочий разрабатывает и осуществляет мероприятия по формированию и развитию культуры физической ядерной безопасности личного состава подразделений МВД Украины, осуществляющих охрану и оборону объектов государственной системы физической защиты. Центральные органы исполнительной власти, осуществляющие государственное управление, Национальная академия наук Украины в рамках своих полномочий разрабатывают и осуществляют мероприятия по формированию и развитию культуры физической ядерной безопасности персонала объектов (предприятий) государственной системы физической защиты, находящихся в сфере их управления. Лицензиаты осуществляют мероприятия по формированию и развитию культуры физической ядерной безопасности персонала конкретных объектов.

Президент Украины с целью обеспечения выполнения положений Коммюнике Сеульского саммита по ядерной безопасности издал Указ «О Национальном плане по реализации положений Коммюнике Сеульского саммита по ядерной безопасности на 2013-2014 годы».

Согласно пункту 5 Национального плана Госатомрегулированию Украины было поручено «обеспечить утверждение порядка формирования, развития и критериев оценки культуры физической ядерной безопасности ядерных установок, ядерных материалов, радиоактивных отходов, других источников ионизирующего излучения».

Госатомрегулирование Украины в июле этого года своим приказом ввело в действие два нормативно-правовых акта: «Порядок формирования и развития культуры физической ядерной безопасности ядерных установок и объектов, предназначенных для обращения с радиоактивными отходами, другими источниками ионизирующего излучения» (далее – Порядок) и «Инструкция по проведению оценки состояния культуры физической ядерной безопасности ядерных установок, объектов, предназначенных для обращения с радиоактивными отходами, другими источниками ионизирующего излучения» (далее – Инструкция).

В соответствии с Порядком:

- ✓ целью формирования, развития и поддержки высокого уровня культуры физической ядерной безопасности ядерной установки, объекта, предназначенного для обращения с радиоактивными отходами, другими источниками ионизирующего излучения является уменьшение риска совершения противоправных действий в отношении установки путем максимального учета человеческого фактора;
- ✓ культура физической ядерной безопасности основывается на осознании руководителем, другими должностными лицами, персоналом реальности существования угрозы совершения противоправных действий в отношении установки и роли физической защиты в противодействии такой угрозе;
- ✓ мероприятия по формированию, развитию и поддержке высокого уровня культуры физической ядерной безопасности осуществляются в соответствии с планами, утвержденными руководителем лицензиата.

В Порядке определяются мероприятия по формированию, развитию и поддержке высокого уровня культуры физической ядерной безопасности. Порядок четко разграничивает мероприятия, которые осуществляют руководитель эксплуатирующей организации, ответственное лицо за состояние культуры физической ядерной безопасности, координатор по культуре физической ядерной безопасности.

Приложение 1 к Порядку содержит критерии культуры физической ядерной безопасности на время осуществления мероприятий по формированию культуры физической ядерной безопасности, а Приложение 2 – критерии высокого уровня культуры физической ядерной безопасности.

В Порядке установлено требование к периодическому проведению оценки состояния культуры физической ядерной безопасности установки. Целью проведения оценки является получение руководителем лицензиата достоверной информации о состоянии культуры физической ядерной безопасности установки.

Инструкция содержит разъяснения по осуществлению лицензиатом оценки состояния культуры физической ядерной безопасности ядерных установок, объектов, предназначенных для обращения с радиоактивными отходами, другими источниками ионизирующего излучения.

Учебный центр по физической защите, учету и контролю ядерного материала им. Джорджа Кузмича Института ядерных исследований НАН Украины последние 4 года активно принимал участие в формировании, развитии и поддержке высокого уровня культуры физической ядерной безопасности украинских ядерных установок, объектов, предназначенных для обращения с радиоактивными отходами.

Учебный центр:

- ✓ обеспечил перевод на украинский язык документа МАГАТЭ «Культура физической ядерной безопасности: Руководство по внедрению»;

- ✓ организовал проведение 2 учебных курсов по культуре физической ядерной безопасности силами американских специалистов;
- ✓ разработал и провел 6 национальных учебных курсов для руководителей физической защиты, учета и контроля ядерных материалов высшего звена, руководителей подразделений физической защиты, учета и контроля ядерных материалов среднего звена, руководящего состава подразделений охраны;
- ✓ организовал проведение американскими специалистами 3 семинаров по теме «Снижение угрозы со стороны внутреннего правонарушителя с помощью бихевиоризма» для психологов, которые работают на ядерных установках и в подразделениях охраны;
- ✓ разработал и провел курс в рамках американо-украинской программы по культуре физической ядерной безопасности для координаторов по культуре физической ядерной безопасности ядерных установок;
- ✓ разработал проекты нормативно-правовых актов «Порядок формирования и развития культуры физической ядерной безопасности ядерных установок и объектов, предназначенных для обращения с радиоактивными отходами, другими источниками ионизирующего излучения» и «Инструкция по проведению оценки состояния культуры физической ядерной безопасности ядерных установок, объектов, предназначенных для обращения с радиоактивными отходами, другими источниками ионизирующего излучения».

Высокий уровень культуры физической ядерной безопасности – необходимое условие обеспечения безопасности в области использования ядерной энергии!

On the methods of sampling size calculation in the State Nuclear Materials Control and Accounting System

V.I. Seredkin – *JSC “Ural Electrochemical Integrated Plant”,
Novouralsk, Russia*

The State Nuclear Materials Control and Accounting System (SNMC&AS) makes provision for the application of sampling control methods for the accounting data on identifiers and location of items with nuclear materials (NM), on TIDs (seals), items for verification of loss (surplus) of threshold NM quantity, as well as records in the reporting documents to be directed to the computer-based Federal Information System of NM control and accounting.

Consideration is given to various methods of random sample size calculation for confirmation of indices at the preset confidence probability.

The proposals should be put forward on the development and enhancement of single-step and multi-step sampling methods for sampling methods of SNMC&AS indices control with the minimum confidence level required.

«О методах расчета объемов выборок в Системе государственного учета и контроля ядерных материалов»

(ФГУП «ГНЦ РФ - ФЭИ», г. Обнинск, (12 - 15).11.2013)

Середкин В.И., к.т.н., ОАО «УЭХК», г. Новоуральск

В Системе государственного учета и контроля ядерных материалов (СГУК ЯМ) предусмотрено [1] применение выборочных методов контроля:

- состояния пломб (в том числе пломбировочных устройств с индивидуальными идентификационными признаками) на объектах с ядерными материалами (ЯМ),
- учетных данных об идентификаторах и местоположении учетных единиц (УЕ),
- количества ЯМ в УЕ для проверки недостачи (излишка) ЯМ в УЕ.

Метод выборочного контроля записей [2] может быть использован при проверке достоверности отчетных данных.

Для обеспечения выборочного контроля в СГУК ЯМ нормируют [1, 2]:

- а) вероятность нахождения пломб, установленных на объектах с ЯМ (в том числе на УЕ), в надлежащем состоянии (вероятность отсутствия дефектов пломб);
- б) достоверность учетных данных об идентификаторах и местоположении УЕ в зоне баланса материалов (вероятность отсутствия недостоверных учетных данных);
- в) вероятности обнаружения недостачи (излишка) порогового количества ЯМ;
- г) относительное количество (доля) дефектных записей в отчетных документах.

Далее под пломбами, установленными на объекте с ЯМ, будем понимать предусмотренную конструкторской документацией (КД) на соответствующий объект схему пломбирования, включающую, например, установленные на упаковочном комплекте (УК) с ЯМ (на упаковке) одну или несколько пломб, пломбировочную проволоку. В КД могут быть указаны различные виды схем и пломб. Проверки пломб и учетных данных могут быть выполнены одновременно на одной выборке.

Рассмотрим методы расчета объемов случайных выборок для подтверждения задаваемых показателей на основе положений математической статистики [3 - 5 и др.].

В [1] в качестве нормативного (допустимого) уровня для подтверждения надлежащего состояния пломб и достоверности учетных данных задан уровень вероятности 0,95 для доверительной вероятности (γ_1) 0,95. Этот уровень по своему смысловому содержанию соответствует нижней границе одностороннего доверительного интервала вероятности ожидаемого события (\underline{p}) для $\gamma_1 = 0,95$ [4]. Ожидаемыми событиями являются наблюдаемые при проверке выборки случаи надлежащего состояния пломб и случаи подтверждения достоверности учетных данных. Обозначим буквой d число дефектов схем пломбирования или число недостоверных данных в соответствующей выборке объема n ($n \geq 1$).

Если при выборочной проверке все пломбы находятся в надлежащем состоянии, то $d = 0$. Если при выборочной проверке все учетные данные достоверны, то $d = 0$. Далее, для краткости, будем рассматривать процедуры формирования и проверки выборок опломбированных объектов (процедуры формирования выборок учетных данных аналогичны). При наличии нескольких признаков ненадлежащего состояния пломб на данном объекте будем считать, что имеет один критический дефект ($d = 1$) схемы пломбирования.

Для расчета объема выборки объектов в зоне баланса материалов (ЗБМ) используем модель выборки «с возвращением» [3, 4], описываемую биномиальным распределением. При недопустимости дефектов в выборке ($d = 0$) для рассматриваемого примера:

$$n = \left[\frac{\ln(1 - \gamma_1)}{\ln \underline{p}} \right]^+, \quad (1)$$

где n – минимально необходимый объем выборки опломбированных объектов для подтверждения \underline{p} при заданном значении γ_1 ;

γ_1 – доверительная вероятность одностороннего доверительного интервала вероятности \underline{p} ;

\underline{p} – нижняя граница доверительного интервала вероятности P отсутствия дефектов схем пломбирования проверяемых объектов;

$[\]$ – обозначение округления результата расчета до ближайшего большего целого числа.

Результаты расчета по формуле (1) представлены в таблице 1.

Таблица 1

\underline{p}	n при γ_1	
	0,95	0,99
0,95	59	90
0,99	299	459

На основе формулы (1) и таблицы 1 в организациях могут быть разработаны процедуры одноступенчатого выборочного контроля совокупностей (партий) продукции (продуктов, ЯМ, УЕ, данных) при недопустимости дефектов в выборке [5]. Положительным результатом проверки при $\underline{p} = 0,95$ и $\gamma_1 = 0,95$ является результат, при котором в выборке $n \geq 59$ все объекты (схемы пломбирования) находятся в надлежащем состоянии, то есть $d = 0$. При $d \geq 1$ имеет место нарушение в учете и контроле ЯМ (аномалии при входном контроле в организации-получателе) [1], должен быть проведен анализ причин дефектов.

Если в выборке можно допустить наличие некоторого числа дефектов ($d \geq 1$) для $\underline{p} = 0,95$, $\gamma_1 = 0,95$ и $d \leq \frac{n-1}{2}$, то значения n могут быть определены из формулы [3]:

$$\underline{p} = 1 - \frac{\chi_{\gamma_1}^2(2d+2)}{2n - d + \frac{1}{2} \cdot \chi_{\gamma_1}^2(2d+2)}, \quad (2)$$

где $\chi_{\gamma_1}^2(2d+2)$ – квантиль хи-квадрат распределения с $(2d+2)$ степенями свободы, соответствующая доверительной вероятности γ_1 .

Для определения n или \underline{p} может быть также использована формула [6]:

$$\underline{p} = \frac{n-d}{n-d+(d+1) \cdot F[\gamma_1, 2(d+1), 2(n-d)]}, \quad (3)$$

где $F[\dots]$ – γ_1 - квантиль F -распределения со степенями свободы $2(d+1), 2(n-d)$.

Результаты расчета с применением формул (2), (3) представлены в таблице 2.

Таблица 2

\underline{p}	d , не более	n при $\gamma_1 = 0,95$ по формуле	
		(2)	(3)
0,95	1	93	93
	2	124	124
	3	153	153

Из таблицы 2 следует, что формулы (2), (3) для рассматриваемых условий дают идентичные результаты в пределах погрешности округления. На основе формул (2), (3) и таблиц 1, 2 в организациях могут быть разработаны процедуры многоступенчатого (двух-, трехступенчатого) выборочного контроля [5].

Объем выборки может быть сокращен за счет применения модели выборки «без возвращения», описываемой гипергеометрическим распределением [4] и определен из общего условия построения границ одностороннего доверительного интервала [3 - 6 и др.]:

$$\sum_{i=0}^d h(N, D, n, i) \leq 1 - \gamma_1, \quad (4)$$

где $h(N, D, n, i)$ – член гипергеометрического распределения;

N – объем совокупности, в которой содержится D дефектов (например, поврежденных схем пломбирования), $D < N$;

d – допустимое число дефектов в выборке объема n , $0 \leq d \leq \min(n, D)$.

При $d = 0$ объем выборки n может быть определен из формулы:

$$h(N, D, n, 0) = \frac{C_D^0 \cdot C_{N-D}^n}{C_N^n} \leq 1 - \gamma_1, \quad (5)$$

где $C_m^k = \frac{m!}{k!(m-k)!}$ – число сочетаний из m по k (! - факториал).

При $d \leq 1$ объем выборки n должен удовлетворять формуле:

$$h(N, D, n, 0) + h(N, D, n, 1) \leq 1 - \gamma_1. \quad (6)$$

В [2] для вычисления объема выборки записей при $d \leq 1$ приведена формула, полученная с использованием биномиальной аппроксимации гипергеометрического распределения, которая для принятых обозначений имеет вид:

$$\left(1 - \frac{n}{N}\right)^D + \frac{nD}{N-D+1} \cdot \left(1 - \frac{n}{N}\right)^{D-1} \leq 1 - \gamma_1. \quad (7)$$

Полагая, что $D = [N \cdot (1-p)]^-$, где знак «-» у квадратных скобок означает округление до меньшего целого числа, из уравнений (4) – (7) для заданного (нормативного) значения p можно определить зависимости n от N .

На Рис. 1 приведены зависимости объема выборки n от объема совокупности N при $\gamma_1 = 0,95$: нижняя кривая получена по формуле (5) для $N \geq 20$ и $d = 0$, верхняя – по формуле (6) для $N \geq 40$ и $d \leq 1$, средняя ступенчатая кривая (полигон) - по формуле (7) для $N > 40$, $d \leq 1$ при неокругленных значениях числа $D = N \cdot (1-p)$.

Зависимость объема выборки n от объема совокупности N при $\gamma_1 = 0,95$

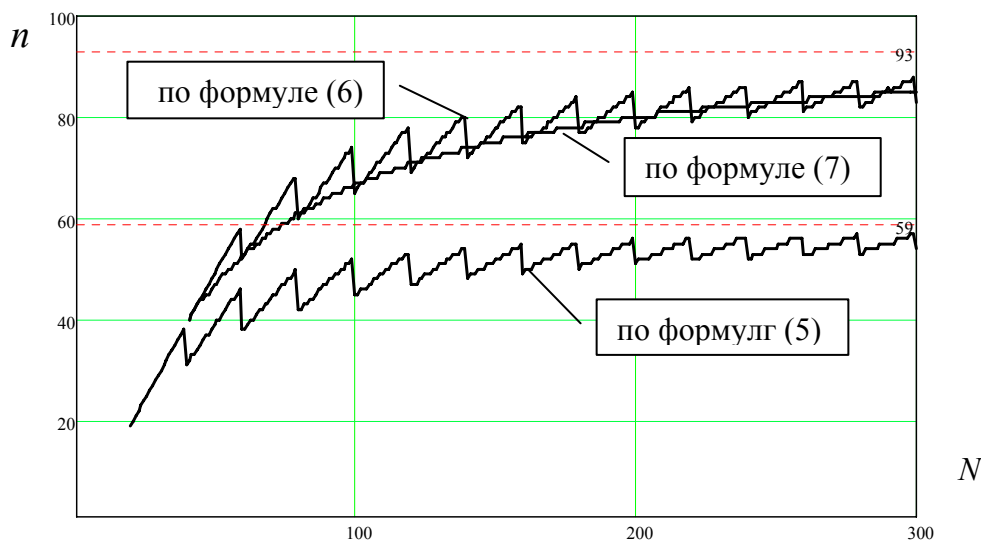


Рис. 1

«Пилообразный» вид верхней и нижней кривых обусловлен использованием в формулах (5), (6) целых чисел $D = [N \cdot (1-p)]^-$. Из расчетов по формуле (5) следует, что с увеличением N объем выборки n стремится к указанному в таблице 1 значению 59, а объем выборки n , вычисленный по формуле (6) - к указанному в таблице 2 значениям 93. Формула (7) при увеличении N дает завышенные предельные значения объема выборок (96) вместо 93 по таблице 2.

Для определения объема выборки n может быть использована аппроксимация гипергеометрического распределения при $d = 0$ [7]:

$$h(N, D, n, 0) \cong \left[1 - \frac{2n}{2N - D + 1} \right]^D, \quad (8)$$

где $h(N, D, n, 0)$ – вероятность того, что для совокупности N при наличии в этой совокупности D дефектов в выборке объема n число дефектов равно нулю.

Будем полагать, что $D = N \cdot (1 - \underline{p})$, тогда с учетом (4) получим

$$n = \left[\frac{2N - N(1 - \underline{p}) + 1}{2} \cdot \left(1 - (1 - \gamma_1)^{\frac{1}{N(1 - \underline{p})}} \right) \right]^+. \quad (9)$$

Если в формуле (9) величину $N \cdot (1 - \underline{p})$ округлять до ближайшего целого меньшего числа, то

$$n = \left[\frac{2N - [N(1 - \underline{p})]^- + 1}{2} \cdot \left(1 - (1 - \gamma_1)^{\frac{1}{[N(1 - \underline{p})]^-}} \right) \right]^+. \quad (10)$$

Графически эти формулы представлены на Рис. 2.

Зависимость объема выборки n от объема совокупности N при $d = 0$ и $\gamma_1 = 0,95$

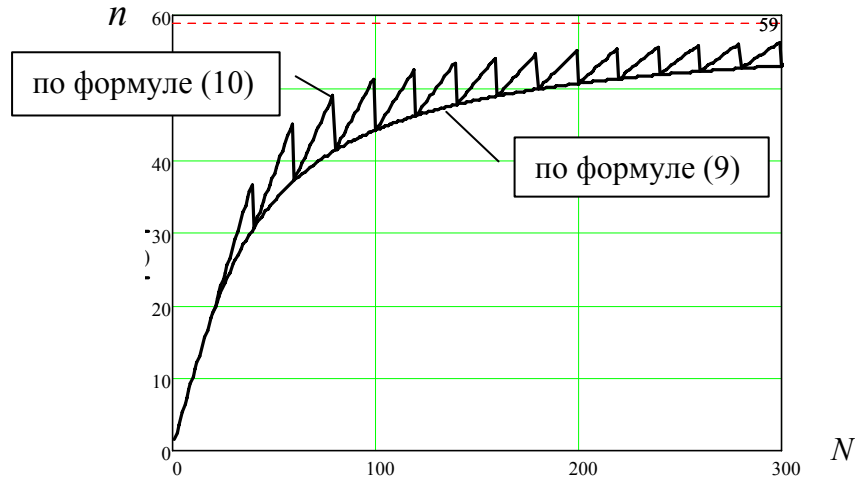


Рис. 2

Округление $N \cdot (1 - \underline{p})$ до ближайшего целого меньшего числа приводит к «пилообразному» виду зависимости n от N .

Обозначим $h(N, D, n, 0)$ символом β , тогда при $N \gg 1$ согласно [9]

$$n = \left[\left(N - \frac{D}{2} \right) \cdot \left(1 - \beta^{\frac{1}{D+1}} \right) \right]^+ = \left[N \cdot \left(1 - \frac{q}{2} \right) \cdot \left(1 - \beta^{\frac{1}{(N \cdot q)^- + 1}} \right) \right]^+, \quad (11)$$

где β – вероятность невыявления по меньшей мере одного критического несоответствия (дефекта) при уровне дефектности q ;

$(\dots)^-$ – обозначение округления результата расчета до ближайшего меньшего целого числа.

Это уравнение дает «пилообразные» зависимости n от N , аналогичные Рис. 1, 2.

Заменяя в формуле (11) q на $1 - \underline{p}$, β на $1 - \gamma_1$ и полагая, что $D = N \cdot (1 - \underline{p})$, получим

$$n = \left[N \cdot \left(\frac{1 + \underline{p}}{2} \right) \cdot \left(1 - (1 - \gamma_1)^{\frac{1}{N - N \underline{p} + 1}} \right) \right]^+. \quad (12)$$

Результаты расчетов для некоторых N приведены в таблице 3.

Таблица 3

N	n при $\gamma_1 = 0,95$, d по формуле (...)						
	d = 0			d ≤ 1		d ≤ 2	d ≤ 3
	(5)	(9)	(12)	(6)	(7)	(4)	(4)
50	39	35	29	47	49	все	все
100	45	45	39	67	65	81	92
500	56	56	54	89	87	114	139
1000	57	57	56	93	90	119	146
5000	59	59	58	93	96	123	152
10000	59	59	59	93	96	124	153
> 20000	59	59	59	93	96	124	153

Формула (12) дает меньшие значения n по сравнению с формулой (9).

Для ЯМ категорий 1 и 2 объем выборки n рекомендуется определять при $d = 0$.

Для ЯМ категорий 3 и 4 объем выборки n может быть определен при любом из условий: $d = 0$, $d \leq 1$, $d \leq 2$, $d \leq 3$.

Рассмотрим процедуры определения объема выборок для проверки недостачи (излишка) порогового количества ЯМ (G) в ЗБМ. В [1] указано, что если в течение межбалансового периода (МБП) и в процессе инвентаризации учетные измерения данного ЯМ не выполнялись, а достоверность результатов предыдущих учетных измерений была обеспечена применением средств контроля доступа (СКД), то выводы об отсутствии аномалий в учете и контроле ЯМ по недостаче (излишку) ЯМ должны быть сделаны на основе результатов выборочных подтверждающих измерений, объем которых определяется исходя из значений двух параметров - G и вероятности обнаружения ($P_{обн}$) недостачи (излишка) порогового количества G . Нормативные значения G (для каждого ЯМ и отдельных видов ЯМ) и $P_{обн}$ приведены в [1].

Для определения объема выборки n проверяемых при подтверждающих измерениях УЕ используем аппроксимацию (8). Тогда

$$n = \left[\frac{2N - D + 1}{2} \cdot \left(1 - \beta_0^{\frac{1}{D}} \right) \right]^+, \quad (13)$$

где $\beta_0 = h(N, D, n, 0)$.

Объем выборки n определим по известным N и G при допущениях:

1) в каждой из D УЕ нарушитель изъял ЯМ в количестве x , для того чтобы набрать пороговое количество ЯМ G . Тогда

$$D = \frac{G}{x} \quad \text{при} \quad \Delta_{УП} < x \leq m_{ЯМ}; \quad (14)$$

где $\Delta_{УП}$ – предел погрешности расхождения данных учетных и подтверждающих измерений по массе ЯМ в УЕ при доверительной вероятности 0,99;

$m_{ЯМ}$ – масса ЯМ в УЕ;

2) вероятность обнаружения недостачи (излишка) порогового количества $P_{обн}$ с учетом соотношений (5), (8), (9) определяется соотношением:

$$P_{обн} = 1 - \beta_0 = \gamma_1 \quad (15)$$

и выбирается согласно [1, приложение № 8].

В формуле (15) величина $1 - \beta_0$ имеет смысл вероятности наличия (обнаружения) в выборке хотя бы одного дефекта. Согласно [1] величину $P_{обн}$ называют вероятностью обнаружения недостачи (излишка) порогового количества ЯМ.

Имеется неопределенность в выборе значений D и/или x , именуемом иногда «стратегией нарушителя» или «сценарием фальсификаций» [7]. Необходимо при подтверждающих измерениях выбрать одну или несколько возможных стратегий. Выбранное

значение x согласно ограничению на значения x в уравнении (14) должно превышать погрешность Δ_{VII} , поскольку в рассматриваемом методе контроля имеющийся на объекте дефект при подтверждающих измерениях должен однозначно выявляться. В этом смысле рассматриваемые дефекты можно назвать «крупными».

Значение Δ_{VII} может быть определено по формуле [8]:

$$\Delta_{VII} = \frac{u_{0,99}}{k_{0,95}} \cdot \sqrt{\Delta_{VII}^2 + \Delta_{III}^2} \approx 1,56 \cdot \sqrt{\Delta_{VII}^2 + \Delta_{III}^2}, \quad (16)$$

где Δ_{VII} , Δ_{III} – предел суммарной погрешности результата измерения массы ЯМ при учетных и подтверждающих измерениях, соответственно, для доверительной вероятности 0,95 двустороннего доверительного интервала \mathcal{Y} ;

$k_{0,95}$ – квантиль равномерного распределения, равный 1,6455 при вероятности 0,95;

$u_{0,99}$ – квантиль нормального распределения, равный 2,5758 при вероятности 0,99.

Если x меньше или соизмеримо с Δ_{VII} , то в расчет объема выборки для обнаружения «малых» дефектов необходимо вводить поправку на вероятность необнаружения дефекта [7].

Если значением D в формуле (13) можно пренебречь по сравнению со значением $2N$ ($D - 1 \ll 2N$), то с учетом (15) получим [7, 11 - 13]:

$$n = \left[N \cdot \left(1 - \left(1 - P_{обн} \right)^{\frac{1}{D}} \right) \right]^+. \quad (17)$$

Эта формула имеет более простой вид, однако дает завышенные по сравнению с формулой (13) значения объема выборки.

Положительным результатом подтверждающих измерений считается результат, при котором недостачи (излишка) ЯМ ни в одной из УЕ выборки n не обнаружено.

Необходимо отметить, что для подтверждения требований [1] определяют минимально необходимый объем случайной выборки n УЕ с ЯМ (ураном, плутонием и др.) в ЗБМ. Результаты проверки выборки, сформированной, например, с применением генератора случайных чисел для равномерного распределения, характеризуют всю совокупность имеющихся в ЗБМ УЕ с рассматриваемым ЯМ. Разбивать эти УЕ на страты (однородные группы) [11 - 13] в общем случае не требуется. При формировании k страт УЕ с рассматриваемым ЯМ в ЗБМ следует учитывать, что $N = N_1 + N_2 \dots + N_k$, $G = G_1 + G_2 \dots + G_k$.

Описанные выше процедуры оценки объемов выборок представляют собой процедуры статистического приемочного контроля по альтернативному (качественному) признаку и относятся к методам статистического управления [3 - 5, 9, 10 и др.].

Рассмотрим возможность применения национальных стандартов серии «Статистические методы» [4, 5, 9 и др.] в СГУК ЯМ [14]. В этих стандартах регламентируют взаимодействие между отправителем, получателем и используют такие показатели как приемочный уровень дефектности партии объектов $q_\alpha = D_1/N$ и браковочный уровень дефектности $q_\beta = D_2/N$ при $D_1 < D_2$, где D_1 , D_2 - число дефектов в партии объема N . Если оперативная характеристика определяется вероятностью $P(q)$ принятия партии с уровнем дефектности q , то вероятность α отклонения (забракования) партии с уровнем дефектности менее q_α , равную

$$\alpha = 1 - P(q_\alpha), \quad (18)$$

называют вероятностью ошибки первого рода или риском поставщика;

вероятность приемки партии с уровнем дефектности более q_β , равную

$$\beta = P(q_\beta), \quad (19)$$

называют вероятностью ошибки второго рода или риском потребителя [4, 5, 10].

При одноступенчатом контроле из партии объектов N берут случайную выборку объема n . Все объекты из выборки проверяют. Если d - число обнаруженных в выборке дефектных объектов (число критических дефектов или несоответствий) – не более приемочного числа c ($d \leq c$), то принимают решение о годности (кондиционности) партии.

Для определения объема выборки при $n < 0,1 N$ можно использовать биномиальное распределение. Оперативная характеристика плана одноступенчатого статистического контроля доли дефектных объектов в партии определяется соотношениями [4, 10]:

$$P(q) = \sum_{k=0}^c C_n^k q^k (1-q)^{n-k}, \quad C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!}, \quad (20)$$

где $0 < q < 1$, $k = 0, 1, \dots, c$,

$$\alpha = \sum_{k=c+1}^n C_n^k q_\alpha^k (1-q_\alpha)^{n-k} = 1 - \sum_{k=0}^c C_n^k q_\alpha^k (1-q_\alpha)^{n-k}; \quad (21)$$

$$\beta = \sum_{k=0}^c C_n^k q_\beta^k (1-q_\beta)^{n-k}. \quad (22)$$

При $c = 0$ и биномиальной модели минимально необходимый объем выборки $n_{\min} = \max(n_\alpha, n_\beta)$ определяется соотношениями [10]:

$$n_\alpha = \frac{\ln(1-\alpha)}{\ln(1-q_\alpha)}. \quad (23)$$

$$n_\beta = \frac{\ln \beta}{\ln(1-q_\beta)}. \quad (24)$$

При $n < 0,1 N$; $q_\alpha < 0,1$; $q_\beta < 0,1$ для определения объема выборки можно использовать распределение Пуассона [4, 10]:

$$P(q) = \sum_{k=0}^c \frac{a^k e^{-a}}{k!}, \quad a = n \cdot q, \quad (25)$$

$$\alpha = \sum_{k=c+1}^{\infty} \frac{a_\alpha^k e^{-a_\alpha}}{k!} = 1 - \sum_{k=0}^c \frac{a_\alpha^k e^{-a_\alpha}}{k!}, \quad a_\alpha = n \cdot q_\alpha, \quad (26)$$

$$\beta = \sum_{k=0}^c \frac{a_\beta^k e^{-a_\beta}}{k!}, \quad a_\beta = n \cdot q_\beta. \quad (27)$$

При $n_{\min} = \max(n_\alpha, n_\beta)$ [10]:

$$n_\alpha = \frac{\chi_\alpha^2(2c+2)}{2q_\alpha}, \quad (28)$$

$$n_\beta = \frac{\chi_{1-\beta}^2(2c+2)}{2q_\beta}, \quad (29)$$

где $\chi_\alpha^2(2c+2)$, $\chi_{1-\beta}^2(2c+2)$ - квантиль хи-квадрат распределения с $(2c+2)$ степенями свободы порядка α и $1 - \beta$, соответственно.

Для $c = 0$ и $n_{\min} = \max(n_\alpha, n_\beta)$

$$n_\alpha = \frac{-\ln(1-\alpha)}{q_\alpha}, \quad (30)$$

$$n_\beta = \frac{-\ln \beta}{q_\beta}. \quad (31)$$

Результаты расчетов для $c = 0$ представлены в таблице 4.

Таблица 4

q_α, q_β	$-\ln(1-q)$	n при $\alpha = 0,05$ по формуле			n при $\beta = 0,05$ по формуле		
		(23)	(28)	(30)	(24)	(29)	(31)
0,01	0,010	5,10	5,13	5,13	298,07	299,57	299,57
0,05	0,051	1,00	1,03	1,03	58,40	59,91	59,91

Из анализа приведенных выше соотношений, полученных при $c = d = 0$, можно сделать следующие выводы:

- 1) расчеты по формулам (28) и (30), (29) и (31) дают идентичные результаты;
- 2) поскольку формулы (23) и (24) отличается от формул (30), (31) только знаменателем и для малых значений q значение $\ln(1-q) \approx -q$, то при $q < 0,1$ эти формулы дают близкие результаты.

Методы, основанные на применении соотношений (18) - (31) в СГУК ЯМ не применяют. Рекомендуется проработать возможность их применения при дальнейшем совершенствовании СГУК ЯМ.

Применение рассмотренных выше выборочных методов контроля в СГУК ЯМ позволяет организовать контроль достоверности данных, исправности пломб и выполнить подтверждающие измерения по проверке недостачи (излишка) порогового количества ЯМ с минимально необходимым объемом выборки и с требуемым уровнем доверия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. НП-030-12 «Основные правила учета и контроля ядерных материалов».
2. Методика отбора и анализа данных в рамках проверки функционирования ФИС.- Утверждена 06.06.2005 директором ФГУП «СКЦ Минатома России».
3. РД 50-476-84 «Методические указания. Надежность в технике. Интервальная оценка надежности технического объекта по результатам испытаний составных частей. Общие положения».
4. ГОСТ Р 50779.10-2000 «Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения».
5. ГОСТ Р 50779.11-2000 «Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения».
6. Херхагер М., Патроль Х. Mathcad 2000: полное руководство: Пер. с нем.- К.: Издательская группа ВНУ, 2000.- 416 с.
7. Методические материалы курса «Статистические методы оценки качества учета ядерных материалов» // М.Франклин, JRC, Испра, Италия.- Из-во: УМЦУК, Обнинск, 2002 г.
8. О нормировании расхождения данных и критериях аномалий в учете и контроле ядерных материалов / Середкин В.И.- Новости ФИС, № 8, 2007 г.
9. ГОСТ Р 50779.70-99 «Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 0. Введение в систему выборочного контроля по альтернативному признаку на основе приемлемого уровня качества AQL».
10. Надежность и эффективность в технике: Справочник. В 10 т. / Ред. совет: В.С. Авдудевский (пред.) и др.- М.: Машиностроение, 1989.- Т. 7: Качество и надежность в производстве / Под. Ред. И.В. Апполонова.- 280 с.
11. РБ-065-11 «Положение о порядке получения данных по количеству ядерных материалов для подведения их баланса и итогов физической инвентаризации в зонах баланса материалов».- Утверждено приказом Ростехнадзора от 14.09.2011 № 534.
12. РБ-066-11 «Положение о применении методов математической статистики для учета и контроля ядерных материалов».- Утверждено приказом Ростехнадзора от 14.09.2011 № 535.
13. Инструкция по физической инвентаризации ядерных материалов.- Утверждена Первым заместителем генерального директора Госкорпорации «Росатом» И.М. Каменских, 2013 г.
14. Доклад «О некоторых проблемах применения статистических методов в Системе государственного учета и контроля ядерных материалов» / Середкин В.И.- Первая научно-практическая конференция «Актуальные проблемы внутреннего контроля в атомной отрасли».- НИЯУ «МИФИ», (15-16).11.2011, г. Москва.

Spent Nuclear Fuel (SNF) Accountancy

I.V. Gusakov, L.P. Grabelnikova, A.I. Baranov – *FSUE*

“FCNRS”, Moscow, Russia

In the course of nuclear fuel irradiation in the reactor, its initial radionuclide composition changes as a result of nuclear transformations, with formation of new elements qualified as nuclear materials. First of all, plutonium and its isotopes are referred to these elements.

Spent nuclear fuel (SNF) is the most dangerous product of nuclear power activities. It concentrates up to 99 % of man-made reactivity involved in the area of human activities, thus, requiring a specific attention to its management at the back-end stage of the lifecycle of nuclear facilities and nuclear materials.

Currently SNF is accounted in the state NMC&A system as well as in the radioactive substances and radioactive waste (RS&RW) accounting system.

The “Rosatom” concept of SNF management is based on the principle of its reprocessing to provide ecologically acceptable fission products handling and recovered nuclear material return to the nuclear fuel cycle. Implementation of a reliable long-term controlled SNF storage system, development of SNF reprocessing technologies, well-balanced involvement of recovered SNF products in the nuclear fuel cycle, final isolation (disposal) of radioactive waste generated in the course of reprocessing form the strategic approaches in the area of SNF management.

In order to implement the indicated concept, it is necessary to ensure acquisition and analysis of information on SNF from irradiated fuel assemblies, which is currently not accumulated by the NM, RS & RW accounting systems.

It is planned to combine the following accounting data in one system: the data on SNF, infrastructural facilities for its storage and reprocessing, engineering tools and technologies for its transportation and management. A new SNF accounting system is required for information and analytical support of the tasks to form the SNF management system economy and control, oriented to industrial, financial, technological and business goals of fuel lifecycle management.

The SNF Information and Analytical Accounting System (SNF IAAS), which is under development, is designed to implement this approach. The general coordination and methodological support of the activities related to the SNF IAAS development are performed by the “Rosatom” Project Office of “SNF Management System Formation”. The functions of the information and analytical center, which consist in SNF databank maintenance, are performed by the FSUE “FCNRS”.

The FSUE “FCNRS” is responsible for initial creation of a common database on SNF and infrastructural facilities and its follow-on timely maintenance, in view of the relevant technical and information-security requirements, operability maintenance of the analytical subsystem and prompt submission of the required data (regular process reports, special reports, references, etc.) to “Rosatom” and the sites that are involved in SNF management. Preparation of the information about SNF, infrastructural facilities, engineering tools and equipment for SNF management rests with the operator.

The work on preparation of the information for the SNF database has been launched. It is going to be hard thorough work in this direction not only in the FSUE “FCNRS” but also at the sites, as the SNF accounting is not computerized everywhere in the required volume. Errors and alterations are also possible. But we have to cope this way, as awareness of the reliable information facilitates achievement of desired goals.

Учёт отработавшего ядерного топлива (ОЯТ).

И.В. Гусаков-Станюкович, Л.П. Грабельникова, А.И. Баранов. ОАО ФЦЯРБ

В процессе облучения ядерного топлива в реакторе в топливной композиции в результате ядерных превращений происходит изменение исходного радионуклидного состава топлива с образованием новых элементов, включая элементы, квалифицируемые как ядерные материалы. К таким элементам, прежде всего, относится плутоний и его изотопы.

Согласно ст. 22 №170-ФЗ от 21.11.1995 «Об использовании атомной энергии» ядерные материалы, радиоактивные вещества и радиоактивные отходы независимо от формы собственности подлежат учёту и контролю в системе государственного учёта и контроля ядерных материалов (ЯМ) и в системе государственного учёта и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов (РВ и РАО). Порядок организации систем государственного учёта и контроля ЯМ, РВ и РАО определён Правительством Российской Федерации, основные правила учёта и контроля – приказами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, формы отчётности - приказами Госкорпорации «Росатом».

Государственный учет и контроль ЯМ, РВ и РАО осуществляется с целью:

- определения наличного количества этих материалов, веществ и отходов в местах их нахождения;
- предотвращения потерь, несанкционированного использования и хищений;
- представления в установленном порядке органам государственной власти, органам государственного управления использованием атомной энергии, органам государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии, охраны окружающей среды соответствующей информации о наличии и перемещении ЯМ, РВ и РАО, включая их экспорт и импорт;
- информационного обеспечения для принятия управленческих решений по обращению с РВ и РАО в интересах радиационной безопасности населения (учёт РВ и РАО).

Отработавшее (облученное) ядерное топливо (ОЯТ) подлежит учёту и контролю для данных целей в обеих вышеупомянутых системах государственного учёта.

ОЯТ является наиболее опасным продуктом деятельности ядерной энергетики. В нём сосредоточено до 99 % техногенной радиоактивности, вовлеченной в сферу человеческой деятельности, что требует особого отношения при обращении с ним на замыкающей стадии жизненного цикла объектов использования атомной энергии и ЯМ.

В основу концепции Госкорпорации «Росатом» по обращению с ОЯТ положен принцип его переработки для обеспечения экологически приемлемого обращения с продуктами деления и возврата в ядерный топливный цикл регенерированных ядерных материалов. Стратегическим направлением в области обращения с ОЯТ являются создания надежной системы долговременного контролируемого хранения ОЯТ, развитие технологий его пе-

переработки, сбалансированное вовлечение продуктов регенерации ОЯТ в ядерный топливный цикл, окончательная изоляция (захоронение) образующихся при переработке РАО.

Типы ОЯТ весьма разнообразны – это отработавшее топливо энергетических реакторов, промышленных реакторов, транспортных (судовых) и исследовательских реакторов разного назначения... ОЯТ может различаться также по степени выгорания, времени хранения, техническому состоянию. Именно поэтому вопрос о способах обращения с ОЯТ и, в первую очередь, об экологической и экономической целесообразности, методах и сроках его переработки в каждом конкретном случае должен решаться с полным учётом всех его характеристик.

Для реализации указанной концепции необходимо обеспечить сбор и анализ информации по ОЯТ, содержащейся в облучённых тепловыделяющих сборках, которая в настоящее время системами учёта ЯМ, РВ и РАО не аккумулируется.

Ориентированная на абсолютный приоритет безопасности (ядерной, радиационной, экологической, физической, производственной), ясность технологических, правовых и финансовых процессов для всех участников, непрерывность развития (рост эффективности, освоение новых подходов, технологий), система обращения с ОЯТ формируется с созданием механизмов «предвидения» проблем, определением путей их предупреждения, стремлением к структуризации и оптимизации расходов, прозрачности распределения ответственности в части обращения с ОЯТ.

Для информационно-аналитического обеспечения задач формирования экономики и управления системы обращения с ОЯТ необходимо создать новую систему учёта ОЯТ с ориентацией, в том числе, на производственные, финансовые, технологические и бизнес - цели управления жизненным циклом топлива. Предлагаемый подход позволяет совместить в одной системе данные по учёту: собственно ОЯТ, объектов инфраструктуры его хранения и переработки, технических средств транспортировки и обращения с ним, финансовых потоков. Для реализации такого подхода и предназначена информационно-аналитическая система учёта отработавшего ядерного топлива (ИАС ОЯТ), разрабатываемая с целью:

- укрепления режима нераспространения при обращении с ОЯТ;
- безопасного и экономически оправданного обращения с отработавшим ядерным топливом;
- обеспечения системы управления созданием инфраструктуры ОЯТ параметрами достижения или отклонения от поставленных целей

и в настоящий момент включает:

- Временный единый отраслевой порядок по формированию и ведению банка данных объектов инфраструктуры, технических средств обращения с отработавшим ядерным топливом и состояния отработавшего ядерного топлива энергетических, исследовательских и транспортных реакторных установок в организациях Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» (далее - Порядок, введён приказом генерального директора Госкорпорации «Росатом»);

- банк данных в виде программного комплекса на базе MS SQL Server, состоящий из баз данных:

«Реестр объектов инфраструктуры обращения с ОЯТ» (техно-экономические характеристики объектов инфраструктуры обращения с ОЯТ);

«Паспорт ОЯТ» (часть необходимой паспортной информации об ОЯТ);

«Движение ОЯТ» (информация о событиях, местонахождении ОЯТ, о финансовых ресурсах по полному жизненному циклу данного ОЯТ).

Функции информационно-аналитической системы ОЯТ:

- формирование единой базы данных по ОЯТ и объектам инфраструктуры обращения с ОЯТ в Российской Федерации;
- статистическая обработка данных по наличию ОЯТ на российских предприятиях и его движению в рамках системы обращения с ОЯТ в Российской Федерации;
- автоматизация финансово-экономических расчётов обязательств российских предприятий в части обращения с ОЯТ.

Задачи ИАС ОЯТ:

- учёт ОТВС и их фрагментов, продуктов переработки, ВАО и РАО от переработки ОЯТ, включая местонахождение, состояние, права собственности и финансовые обязательства;
- учёт технико-экономических параметров объектов инфраструктуры обращения с ОЯТ, включая состояние, затраты на эксплуатацию и проведение основных технологических операций, модернизацию;
- расчёт материальных и финансовых потоков в системе обращения с ОЯТ, экономических характеристик эксплуатации и инвестиционных параметров объектов инфраструктуры обращения с ОЯТ;
- анализ реализации планов обращения с ОЯТ в соответствии с принятыми транспортно-технологическими схемами (ТТС) обращения с ОЯТ различных реакторных установок;
- подготовка данных для разработки проектных и технических решений в рамках системы обращения с ОЯТ в Российской Федерации;
- моделирование результатов «Ведомственной программы создания инфраструктуры и обращения с ОЯТ на 2011-2020 гг. и на период до 2030г.» по достижению целевых показателей и индикаторов;
- статистическая поддержка принятия инвестиционных решений по созданию и модернизации объектов инфраструктуры и технических средств обращения с ОЯТ.

Порядок определяет требования по сбору и хранению документально подтвержденных сведений об ОЯТ и объектах инфраструктуры, технических средствах обращения с ОЯТ и состояния ОЯТ в банке данных ОЯТ.

Подготовка сведений об ОЯТ, объектах инфраструктуры и технических средствах обращения с ОЯТ осуществляется эксплуатирующими организациями:

- ОАО «Концерн Росэнергоатом»;
- ФГУП «ПО МАЯК»;
- ФГУП «ГХК»;
- ФГУП «РосРАО» (филиалы ФГУП «СевРАО» и ФГУП «ДальРАО»);
- ОАО «ГНЦ НИИАР»;
- ФГУП «Атомфлот»;
- ФГУП «ГНЦ РФ ФЭИ»;
- ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова»;
- ОАО «ИРМ»;
- ФГУП «НИФХИ им. Л. Я. Карпова»;
- ФГУП «НИИП»;
- ОАО «НИКИЭТ».

Общая координация и методическое обеспечение работ по формированию и ведению банка данных ОЯТ осуществляется Проектным офисом «Формирование системы обращения с ОЯТ» Госкорпорации «Росатом». Функции отраслевого информационно-аналитического центра по ведению банка данных ОЯТ выполняет ОАО ФЦЯРБ, которое отвечает за:

- регистрацию и учёт сведений об ОЯТ, объектах инфраструктуры и технических средствах обращения с ним в банке данных ОЯТ;
- хронологическое документирование сведений: о радиационных и физических характеристиках ОЯТ, о передаче ОЯТ между организациями, переработке ОЯТ и других операциях с ним;
- техническое сопровождение банка данных ОЯТ, обеспечение сохранности и централизованного хранения сведений обо всём учитываемом ОЯТ, основных технико-экономических характеристиках объектов инфраструктуры и технических средств обращения с ОЯТ;
- оперативную обработку информации о наличии и движении ОЯТ на территории Российской Федерации для последующего составления балансов производства, хранения, переработки и ввоза или вывоза ОЯТ из Российской Федерации.

Для формирования и ведения банка данных ОЯТ эксплуатирующие организации должны направлять в адрес ОАО ФЦЯРБ в электронном виде информацию:

ежегодно

- об объектах инфраструктуры и технических средствах обращения с ОЯТ (объекты хранения ОЯТ, объекты радиохимической переработки, транспортные упаковочные комплекты, транспортные средства);

ежеквартально

- об образовании, передаче, получении, направлении на хранение или переработку ОЯТ;
- о категорировании ОЯТ;
- о движении денежных средств на обращение с ОЯТ;
- о правах собственности на ОЯТ;
- об ОТВС;
- о радиохимической переработке ОЯТ;

- об обращении с ВАО (от переработки ОЯТ);
- об обращении с РАО (от переработки ОЯТ).

Большая часть информации в отчётах организаций кодируется, справочники кодов разработаны и будут, в случае необходимости, дополнены в процессе работы с банком данных ОЯТ.

Учёту подлежат все ОТВС, находящиеся на объекте, с момента облучения, либо объявленные ОТВС в системе учёта ЯМ и обладающие уникальным номером для данной «марки ТВС».

Информация по ОТВС представляется при первичном направлении сведений на весь объём накопленного ОЯТ, при последующем направлении указываются сведения о вновь образовавшемся (наработанном) ОЯТ или вторичном ОЯТ, образовавшемся при разделке ОТВС.

Копии первичных учётных документов не предоставляются, если заполняются примечания в соответствующих графах форм с указанием первичного документа. ОАО ФЦЯРБ имеет право запрашивать копии первичных учётных документов на ОТВС (актов инвентаризации, сопроводительных и транспортных накладных, ведомостей и других документов).

Данные по фактическим затратам на обращение с ОЯТ на площадках предоставляются:

- специализированными организациями по обращению с ОЯТ (ФГУП «ПО Маяк», ФГУП «ГХК»);
- в случае обращения с не типовым топливом, требующим специальных инженерно – технических решений (прежде всего топливо ИР, дефектное топливо).
-

Данные по затратам на обращение с типовым топливом по штатной схеме не предоставляются.

ИАС ОЯТ размещается на базе ФГУП «Федеральный центр по ядерной и радиационной безопасности» (ОАО ФЦЯРБ), с учётом соответствующих технических требований и требований к безопасности информации. ОАО ФЦЯРБ отвечает за первичное наполнение и поддержание в актуальном состоянии единой базы данных по ОЯТ и объектам инфраструктуры, поддержание технической работоспособности аналитической подсистемы, а также оперативное предоставление необходимых данных (регулярные отчёты, специальные отчёты, справки...) подразделениям Госкорпорации «Росатом» и организациям, осуществляющим обращение с ОЯТ, по их запросам.

В настоящее время в ИАС ОЯТ реализована возможность получения регулярных отчётов, показанных на рис. 1.

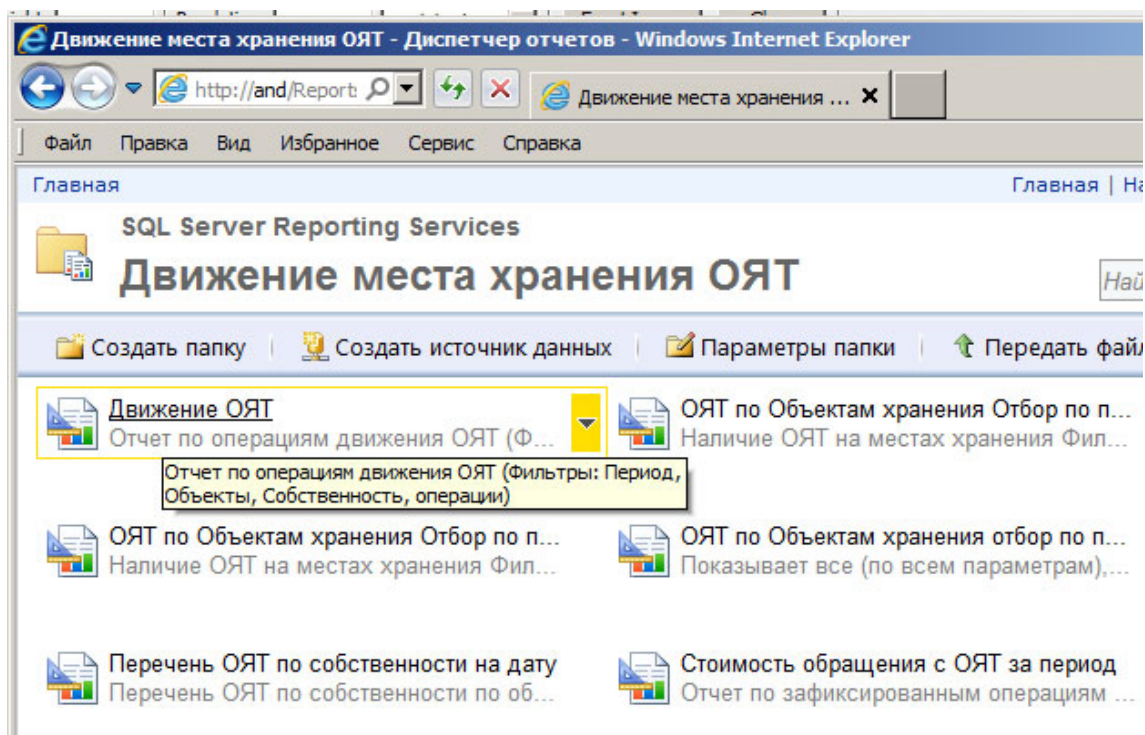


Рис. 1. Отчеты по движению ОЯТ и местам хранения

Отчёт с параметрами по умолчанию запускается автоматически и показывает все выбранные операции с ОЯТ за выбранный период по выбранным объектам. На рис. 2 приведён пример отчёта «Движение ОЯТ»:

Объект Марка ТВС Здание	Дата опер.	Тип операции	Операция	Расход на	Шт.	Масса т.м
Нововоронежская АЭС			Всего по объекту:		1665	308,77
ВВЭР-1000			Всего по марке:		355	153,30
Здание 5й энергоблок Начало эксплуатации 0 Окончание эксплуатации 0 Проектная вместимость 0			Всего по зданию:		147	65,23
			Итого по операции		196	86,97
	01.01.2012	Приход	Постановка ОЯТ на учет		147	65,23
	09.09.2012	Приход	Загрузка ОТВС в РУ		49	21,74
			Итого по операции		-49	-21,74
	09.09.2012	Расход	Выгрузка ОЯТ из РУ с размещением в приреакторном бассейне выдержки	Нововоронежская АЭС Бассейн выдержки 5	49	21,74
Здание Бассейн выдержки 5 Начало эксплуатации 1980 Окончание эксплуатации 2025 Проектная вместимость 306			Всего по зданию:		136	58,57

Рис. 2. Отчёт «Движение ОЯТ».

В отчётах можно изменить используемые параметры (по выбору). Также можно сформировать: подотчёты, например, «по операции» и по принадлежности топлива (например, АЭС), с которым проводится операция; отчёты с группировкой данных.

Созданный отчёт можно сохранить в форматах: PDF, Excel, Word и распечатать.

Дальнейшие разработки форм отчётности будут проводиться по необходимости и запросам.

Работы по формированию банка данных ОЯТ только начаты. Предстоит большая кропотливая работа по данному направлению не только в ОАО ФЦЯРБ, но и на предприятиях, т.к. не везде учёт ОЯТ автоматизирован в нужном объёме. Возможны и ошибки, и изменения. Но пройти этот путь необходимо, т.к. владение достоверной информацией способствует достижению желаемых целей.

Список литературы:

1. Концепция по обращению с отработавшим ядерным топливом Госкорпорации «Росатом» (утв. приказом Госкорпорации «Росатом» от 29 декабря 2008г.№721)
2. НП -067-11 «Основные правила учёта и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов в организации» (утв. приказом Федеральной службы по экологическому и атомному надзору от 31 января 2012 №67).
3. НП-030-12 «Основные правила учёта и контроля ядерных материалов» (утв. приказом Федеральной службы по экологическому и атомному надзору от 17 апреля 2012 №255).
4. Порядок первичной регистрации радиоактивных отходов и установления мест их размещения (утв. приказом Госкорпорации «Росатом» от 21.01.2013 №1/41-П).
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 13 июля 2007 г. № 444 «О федеральной целевой программе «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года»
6. Программа «Создания инфраструктуры и обращения с ОЯТ на 2011-2020 годы и на период до 2030 года», утвержденная Генеральным директором Госкорпорации «Росатом» 29.11.2011.
7. Федеральный закон от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии».
8. Федеральная целевая программа «Обеспечение и ядерной и радиационной безопасности на 2008 и на период до 2015 г» (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 2 августа 2011 г. № 643)
9. Формы отчётности в области государственного учёта и контроля ядерных материалов, порядок и периодичность представления отчётов: «Список наличного количества ядерных материалов по зоне отчётности (СНК 30)» и «Отчёт об изменении инвентарного количества ядерных материалов по зоне отчётности (ОИК 30)» - приложение к приказу генерального директора Госкорпорации «Росатом» от 09.10.2009 №703.
10. Формы отчётности в области государственного учёта и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов, порядок и сроки представления отчётов – приложение к приказу генерального директора Госкорпорации «Росатом» от 31 августа 2009 г. №600.

11. Формы годовой отчётности в области государственного учёта и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов, порядок и сроки представления отчётов - приложение к приказу генерального директора Госкорпорации «Росатом» от 24.01.2013 №1/40-П.
12. «Основные принципы обращения с ОЯТ в Российской Федерации». М.В. Барышников (доклад на VI Международной конференции “АТОМЭКО-2012», октябрь 2012г.).
13. Материалы и результаты по проекту «Создание инфраструктуры и ввод в эксплуатацию информационно-аналитической системы учета объектов обращения с ОЯТ» (этап 2, ОАО ФЦЯРБ).

Session 2

Achievements and Future Challenges of the Facility NMC&A Systems Upgrading

The Final Results of Enhancement and Prospects for the Development of the MC&A System at the FSUE MCC

Yu.P. Anufriev – *FSUE MCC, Zheleznogorsk, Russia*

The FSUE MCC has established the NMC&A system at all the main production sites, including the plutonium dioxide storage facility, the wet storage facility for spent fuel assemblies (SFA) of the VVER-1000 reactors, dry storage facility for RBMK spent nuclear fuel assemblies. The NMC&A system has been upgraded at the enterprise for a number of years, both at its own cost and expense, and with the financial support of the U.S. National Laboratories under the joint Russian-U.S. work on the NMPC&A system upgrading at the FSUE MCC.



ПРЕДПРИЯТИЕ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ГОРНО–ХИМИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ»
(ФГУП «ГХК»)**

**ДОКЛАД
«Совершенствование системы учёта и контроля ядерных
материалов на ФГУП «ГХК»**

Доклад подготовлен для предоставления на Международном трехстороннем семинаре по учету и контролю ядерных материалов.

Семинар проводится в г. Обнинск Калужской обл., Россия с 12 по 15 ноября 2013 года.

Авторы доклада: В.А. Кравченко, Д.В. Друзь, Ю.П. Ануфриев,
А.А. Муратов

Железногорск
2013

ДОКЛАД
«Совершенствование системы учёта и контроля ядерных
материалов на ФГУП «ГХК»

Авторы: В.А. Кравченко, Д.В. Друзь, Ю.П. Ануфриев, А.А. Муратов

Введение

Федеральное государственное унитарное предприятие “Горно-химический комбинат” расположено в г. Железногорске Красноярского края. В состав предприятия входят подразделения, в которых осуществляется обращение с ядерными материалами (ЯМ). В этих подразделениях в соответствии с «Основными правилами учета и контроля ядерных материалов» НП-030-12 организованы зоны баланса материалов (ЗБМ) и ключевые точки измерений (КТИ) ЯМ, разработаны программы измерений.

Подразделения находятся как в подгорной части, так и в наземной части предприятия. В подгорной части находятся реакторный и радиохимический заводы, а также хранилища ЯМ, в том числе выделенное в отдельную ЗБМ хранилище диоксида плутония (ХДП). В хранилище диоксида плутония хранятся контейнеры с диоксидом плутония, полученным в результате радиохимической переработки ядерного топлива, облученного в промышленном ядерном реакторе. В подгорной части создана автоматизированная система учета и контроля (АСУиК) ЯМ на основе оптоволоконной сети, каждый узел сети оснащен компьютерным оборудованием.

В наземной части находятся хранилища, предназначенные для длительного хранения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) атомных электростанций.

В «мокром» хранилище ОЯТ осуществляется прием и хранение отработавших тепловыделяющих сборок реакторов (ОТВС) ВВЭР-1000, поступающих с АЭС России, Украины и Болгарии. В «сухом» хранилище осуществляют прием и хранение ОТВС реакторов РБМК-1000.

В докладе приведено описание совершенствования системы УиК ЯМ в ХДП и описание организации УиК ЯМ в новой ЗБМ – «сухом» хранилище ОЯТ ОТВС реакторов РБМК-1000.

1 Совершенствование системы УиК ЯМ в хранилище диоксида плутония

Одним из приоритетных направлений совершенствования системы УиК ЯМ на предприятии стало создание автоматизированной системы учета ЯМ в подгорной части предприятия, в том числе и в хранилище диоксида плутония.

В подгорной части предприятия создано современное хранилище диоксида плутония, предназначенное для долговременного хранения учетных единиц с диоксидом плутония, наработанного в промышленных реакторах Горно-химического комбината и Сибирского химического комбината. Строительство и оснащение хранилища средствами измерений ЯМ выполнено в рамках совместных российско-американских работ по совершенствованию систем учета, контроля и физической защиты ЯМ на ФГУП «ГХК» и соответствует современным требованиям, предъявляемым к системам учета и контроля ЯМ.

Созданная на предприятии компьютеризированная система УиК ЯМ (КСУиК ЯМ) решает также задачи автоматизации процедур учета и контроля контейнеров с диоксидом плутония в ХДП. КСУиК ЯМ реализована на основе ядра программного комплекса КИ-МАКС, разработанного в НИЦ «Курчатовский институт».

Компьютеризированная система УиК ЯМ строится на базе локальной вычислительной сети в архитектуре «Клиент-Сервер», имеет трехуровневую структуру и состоит из:

- серверных станций, обеспечивающих горячее резервирование, с развернутой на них системой КИ-МАКС и централизованной базой данных учета и контроля ядерных материалов (верхний уровень);
- автоматизированных рабочих мест пользователей с развернутым на них прикладным программным обеспечением (приложениями КИ-МАКС (средний уровень);
- автоматизированных рабочих мест основанных на базе идентификационного и/или измерительного оборудования (нижний уровень).

Цели создания системы:

- повышение оперативности и точности учета и контроля ядерных материалов;
- обеспечение достоверности учетных и отчетных данных по учету и контролю ядерных материалов на предприятии.

Компьютеризированная СУиК ЯМ позволяет в режиме почти реального времени выполнять процедуры учета контейнеров с диоксидом плутония при входном контроле и в процессе проведения физических инвентаризаций, генерировать отчеты о наличии и изменении количеств ЯМ в хранилище.

Для каждой рабочей станции локальной сети ХДП разработано прикладное программное обеспечение конечного пользователя, определенное функциями учета ЯМ, которые выполняются на данном рабочем месте.

КСУиК ЯМ реализует следующие основные функции:

- первичный ввод исходных данных в систему с бумажных носителей;
- учет поступления контейнеров на ХДП;
- внутренние перемещения контейнеров;
- поддержка процедуры физической инвентаризации;

- обработку информации, поступающей от измерительного и штрих-кодowego оборудования;
- контроль доступа пользователей;
- генерация отчетов.

Кроме перечисленных выше основных функций АСУиК ЯМ в системе предусмотрены дополнительные функции:

- возможность замены в базе данных атрибутивных признаков учетной единицы (например, при замене пломбы);
- установлен временной интервал на выполнение каждой операции с учетной единицей. При превышении временного интервала программа выдает сигнал тревоги;
- обеспечена возможность поиска данных по ЯМ по партии, штрих-коду и номеру пломбы;
- имеется возможность проверки уникальности устанавливаемых на учетной единице пломбы путем синхронизации в КСУиК ЯМ номерных диапазонов пломб из общей базы данных по пломбам, имеющимся на предприятии;
- для определения выборки учетных единиц при проведении подтверждающих измерений используется генератор случайных чисел.

Для проведения подтверждающих измерений при проведении входного контроля и физической инвентаризации используются компьютеризированные весы, гамма-спектрометрическое оборудование и счетчики нейтронных совпадений. Разработаны методики измерения параметров учетных единиц, изготовлены стандартные образцы.

Для идентификации учетных единиц, измерительного оборудования и персонала ХДП, выполняющего работы, используется штрих-кодированное оборудование.

2 Совершенствование системы учета и контроля ЯМ в «сухом» хранилище ОЯТ реакторов типа РБМК-1000

Отработавшее ядерное топливо (ОЯТ) поступает на ФГУП «ГХК» в специальных вагонах-контейнерах.

Вагоны-контейнеры поочередно подаются в помещение хранилища для выгрузки транспортных упаковочных комплектов. Далее упаковочные комплекты доставляются в камеру комплектации пеналов для перегрузки ампул с пучками твэлов отработавших тепловыделяющих сборок (ПТ ОТВС) в пеналы хранилища. Пеналы герметизируются и передаются на хранение в центральный зал хранилища для установки на постоянное хранение в гнезда хранения.

Во вновь созданной ЗБМ – «сухом» хранилище ОЯТ реакторов типа РБМК-1000 предусмотрено выполнение требований НП-030-12 на всех стадиях выполнения работ с ОЯТ: при получении и хранении ЯМ.

Проводится входной контроль с выполнением следующих процедур:

- внешний осмотр, проверка количества и атрибутивных признаков вагон-контейнеров, транспортно-упаковочных комплектов, ампул с ПТ ОТВС;
- контроль состояния и атрибутивных признаков пломб, примененных к вагон-контейнерам, транспортно-упаковочным контейнерам;
- контроль соответствия размещения ТУК в вагон-контейнерах, ампул с ПТ ОТВС в транспортных чехлах данным, указанным в сопроводительных документах;
- подтверждающие измерения каждой УЕ в соответствии с программой измерений.

Для автоматизации работ по идентификации учетных единиц предусмотрено применение шрихового кодирования с использованием специально разработанного оборудования.

Результаты входного контроля отражаются в протоколе входного контроля.

Прием и постановка на учет ЯМ в ЗБМ производится не позднее 10 суток после получения ЯМ, паспортов ОТВС, сопроводительной документации и выполнения подтверждающих измерений, которые проводятся при перегрузке каждой учетной единицы

Постановку на учет ЯМ осуществляют материально-ответственные лица за ЯМ в ЗБМ.

Во время перегрузки ОЯТ заполняются учетные карты пеналов хранилища на основании заданий на перегрузку ампул с ПТ.

Загруженный герметичный пенал хранилища устанавливается в гнездо хранилища в соответствии с заданием на перегрузку ампул с ПТ. На заполненное герметичное гнездо хранилища устанавливается пломба и оформляется паспорт гнезда хранилища.

Задание на перегрузку ампул с ПТ, учетная карта пенала хранилища, диаграмма хранилища, паспорт гнезда хранилища являются первичными учетными документами по движению и размещению ЯМ в ЗБМ. При перемещении загруженного пенала хранилища с одного места хранения на другое внутри ЗБМ проводится переоформление учетной карты пенала хранилища, диаграммы хранилища, паспорта гнезда хранилища.

Для контроля доступа к ЯМ в ЗБМ применяются системы наблюдения и пломбы.

Системы наблюдения за ЯМ включают автоматизированные технические системы для контроля доступа персонала в помещения, технические системы для теленаблюдения с фиксацией происходящих событий.

Порядок заказа, получения, установки, снятия, уничтожения пломб, перечень объектов применения пломб, обязанности и ответственность лиц, задействованных в системе применения пломб в УиК ЯМ, регламентирован в программе применения пломб.

**The Issues of Nuclear Materials Control and
Accounting at the Enterprises of Shipbuilding
Industry**

I.T. Guriev – *FSUE “Krylov State Research Center”, St.
Petersburg, Russia*

Consideration should be given to the NP-030-12 provisions as applied to the specifics of NM management at the enterprises of the shipbuilding industry.

The issues of random inspection representativeness, verification of items in place and TID status should be considered.

A methodology for quantitative assessment of the accounting status at the facility should be discussed.

Вопросы учёта и контроля ЯМ на предприятиях судостроительной промышленности

Гуриев И. Т.

ФГУП «Крыловский государственный научный центр»

Санкт-Петербург 2013 г.

▶ Если НП-030-05, согласно письму ФСЭТАН №07-35/1172 от 27.11.06, не распространялись на деятельность по разработке, изготовлению, испытанию, эксплуатации и утилизации ядерных энергетических установок военного назначения, то НП-030-12, согласно п.21 (снятию с учёта подлежат ЯМ, переданные получателю в составе ядерных энергетических установок военного назначения), распространяются на вышеуказанную деятельность. Таким образом, работы, проводимые судостроительными предприятиями по строительству и утилизации кораблей, в части учёта и контроля ЯМ, подпадают под НП-030-12 согласно п.22 ЯМ должны быть поставлены на учёт после... их поступления... из другой организации. В то же время, согласно «Положению о системе государственного учёта и контроля ЯМ» утверждённого постановлением № 352, порядок учёта и контроля ЯМ, используемых при разработке, изготовлении, испытаниях, эксплуатации и утилизации ядерных установок военного назначения, определяется иными нормативными правовыми актами.



Специфика обращения ЯМ на предприятиях.

На предприятиях судостроительной промышленности ЯМ обращаются в виде:

- свежих тепловыделяющих сборок (ТВС), предназначенных для комплектации активных зон реакторов ЯЭУ кораблей или судов;
- в виде отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) – при утилизации кораблей или судов.

Учёт первых начинается с момента получения ТВС заводом и прекращается после передачи ЯЭУ в составе корабля (судна) заказчику. Учёт вторых производится с момента принятия корабля на утилизацию или их получения от организации, эксплуатирующей реактор (п. 25 НП-030-12) и прекращается после отправки их на переработку в другой организации.

На предприятиях не производятся работы, приводящие к изменению физического или химического состояния ЯМ, не происходит изменения изотопного состава ЯМ, меняется только вид учётных единиц.

ЯМ на предприятии обращаются в виде следующих учётных единиц:

При строительстве корабля ЯМ в виде ТВС поступают на завод в ТУКах, которые хранятся до момента комплектации активной зоны. Комплектация происходит на стенде комплектации, после чего ТВС в составе активной зоны хранятся на стенде комплектации до момента загрузки в реактор корабля. После проведения испытаний корабль передаётся заказчику по акту и ЯМ снимаются с заводского учёта.

ОТВС появляются на заводе при утилизации кораблей с ЯЭУ. В процессе утилизации происходит выгрузка ОТВС, помещение их в ТУКи, хранение их в хранилище до момента отправки на комбинат «Маяк». ЯМ ставятся на учёт с момента принятия корабля на утилизацию и снимаются с учёта после отправки.

При ремонте кораблей с ЯЭУ выгрузка старой и загрузка новой активной зоны выполняется силами ВМФ, завод производит только сопутствующие работы, ЯМ заводом на учёт не принимается.

При обращении свежих ТВС наиболее продолжительным этапом является хранение, наиболее коротким (несколько дней) – загрузка активной зоны в реактор.

В процессе обращения ЯМ на заводе с целью обеспечения сохранности УЕ широко используются средства контроля доступа, в частности устройства индикации вмешательства в виде пломб.

При получении ТУКов проверяется соответствие идентификаторов, пломб, весовых характеристик сопроводительным документам. При совпадении в качестве учётных данных принимаются данные, указанные в сопроводительных документах, что допускается НП-030-12, п. 12, который гласит:

- в целях учёта допускается использование учётных данных, подготовленных организацией/отправителем для УЕ, если отсутствие несанкционированного доступа к ЯМ подтверждается надлежащим состоянием применённых СКД и (или) подтверждающими измерениями, визуальным контролем состояния УЕ.

Ввиду обращения на предприятии ЯМ категорий 1, в качестве УИВ применяются пломбы с уникальными идентификаторами (п.33 НП-030-12).

НП-030-12 содержат требования, выполнение которых предполагает проведение выборочного контроля состояния пломб или УЕ. Эти требования содержатся в следующих пунктах НП-030-12:

- П.34 В промежутках между инвентаризациями ЯМ необходимо выполнять выборочный контроль установленных пломб в ЗБМ. При определении объёма случайной выборки необходимо исходить из требования подтверждения с доверительной вероятностью, равной 0.95. нахождения в надлежащем состоянии не менее 95 % УИВ.

- П.70 Если в течение МБП (межбалансового периода) и в процессе проведения физической инвентаризации учетные измерения данного ЯМ не выполнялись, а достоверность результатов предыдущих учетных измерений была обеспечена применением СКД, в том числе используемых в целях физической защиты помещений, в которых осуществляется обращение с ЯМ, то выводы об отсутствии аномалий в учете и контроле ЯМ должны быть сделаны на основе результатов выборочных подтверждающих измерений, а также проверки СКД. Объем случайной выборки УЕ, которые будут подвергнуты подтверждающим измерениям, определяется с помощью статистических методов, исходя из значений двух параметров: порогового количества ЯМ для обнаружения их недостачи (излишка) и вероятности обнаружения недостачи (излишка) этого порогового количества.

Конкретные значения пороговых количеств для различных ЯМ и вероятностей обнаружения приведены в тексте пункта и приложения №8 НП-030-12.

- П. 92. Достоверность учётных данных об идентификаторах УЕ и местоположении УЕ в ЗБМ должна быть не менее 95 % при доверительной вероятности 0,95.

В НП-030-12 отсутствуют методические указания по выполнению этих требований в части методики определения объема выборки.

В 2013 году была опубликована в качестве методических рекомендаций «Инструкция по физической инвентаризации ядерных материалов». Москва 2013 г., в приложениях которой приведены примеры расчёта объема случайной выборки в соответствии с требованиями п.34 и п. 70.

Рассмотрим рекомендации по выполнению требований пункта 34, которые применимы и для пункта 92.

В приложении 2 «Инструкции...» приведена таблица, в которой показаны результаты расчёта объёмов как бездефектных выборок, так и выборок, содержащих 1, 2, 3 дефекта.

Количество УЕ	n_0 (d=0)	n_1 (d=1)	n_2 (d=2)	n_3 (d=3)
100	39	58	73	85
200	47	72	93	112
500	54	84	110	135
1000	56	88	117	143
2000	57	91	120	148
5000	58	92	123	151
10000	59	93	123	152
100000	59	93	124	153

Приведено также решающее правило, а именно:

Если дефектов в выборке нет, то состояние системы считается удовлетворительным.

В противном случае расследуют причину дефекта и устраняют дефект, затем проводят выборочный контроль для выборки объёмом, соответствующим количеству обнаруженных дефектных УЕ в предыдущей выборке с учётом уже проверенных УЕ. Действие повторяют до достижения бездефектной выборки. К сожалению, в указанном приложении отсутствует изложение методики расчёта объёма выборки.

Следует заметить, что в данном случае требуется определить долю дефектных единиц. Эта доля постоянна в совокупности и не меняется от испытания к испытанию, как например, доля дефектов в выборке. Поэтому правильнее оценивать не доверительную вероятность числа дефектов в совокупности, а доверительный интервал, то есть промежуток, внутри которого с известной вероятностью содержится это значение.

Одним из способов определить этот интервал является следующий.

Задача состоит в следующем:

Имеется совокупность одинаковых предметов в количестве N , M из которых отличаются от остальных – имеют дефект. Требуется определить объём случайной выборки, чтобы по количеству дефектных предметов в ней можно было указать границы интервала, в котором с заданным уровнем доверия Q находится количество дефектных предметов M . Поскольку выбор случаен, а все предметы равновероятно могут попасть в выборку, вероятность в выборке n получить m дефектов даётся биномиальным распределением:

$$W(n, m, | p) = C_n^m p^m (1-p)^{n-m}; \quad (1)$$

Здесь p -параметр биномиального распределения, который равен доле дефектных предметов в совокупности:

$$p = M / N; \quad (2)$$

Требуется определить p_1, p_2 , такие, что с вероятностью Q выполняется неравенство:

$$p_1 < p < p_2; \quad (3)$$

При фиксированных значениях n и m выражение (1) можно считать (с точностью до нормировки) условной плотностью распределения величины p при условии появления в выборке nm дефектов. Произведя нормировку, получаем:

$$W(p, | n, m) = (n+1) C_n^m p^m (1-p)^{n-m}; \quad (4)$$

Отсюда получаем выражения для среднего и дисперсии:

$$p_{\text{среднее}} = \frac{m+1}{n+1}; \quad (5)$$

$$\sigma^2 = (m+1)(n-m+1) / (n+2)(n+2)(n+3); \quad (6)$$

Используя (4) и (5), получаем выражение для доверительного интервала H :

$$H = (p_{\text{среднее}} - K\sigma, p_{\text{среднее}} + K\sigma); \quad (7)$$

где K – численный коэффициент, определяется уровнем доверия Q .

Расчитанные по формулам (5), (6) и (7) средние, дисперсии и величины доверительных интервалов приведены в следующей таблице для уровня доверия 0,975 и различных значений n и m . Там же приведены значения доверительных интервалов, приведённые в таблицах математической статистики [1].

Объем выборки	Кол-во дефектов	Таблица 5.2 [1]		расчёт	
		предел ниж.	предел верх.	предел ниж.	предел верх.
105	5	0,016	0,108	0,012	0,100
110	10	0,045	0,162	0,042	0,154
120	20	0,105	0,245	0,104	0,240
210	10	0,023	0,086	0,021	0,082
230	30	0,09	0,181	0,089	0,178
520	20	0,024	0,059	0,023	0,057
530	30	0,039	0,08	0,038	0,078
540	40	0,053	0,099	0,053	0,098
550	50	0,068	0,118	0,068	0,117
560	60	0,083	0,136	0,082	0,135
62	2	0,004	0,112	0	0,099
63	3	0,01	0,133	0,002	0,121
66	6	0,034	0,187	0,03	0,176
41	1	0,001	0,129	0	0,110
43	3	0,015	0,191	0,005	0,173
45	5	0,033	0,218	0,031	0,224
80	0	0,00	0,045	0	0,036

В следующей таблице приведены объемы выборки (n) и предельное значение числа дефектов (m) при реализации которых можно утверждать с доверительной вероятностью $Q = 0,95$, что число дефектов в совокупности не превышает 5 %.

Объем выборки	Кол-во дефектов	Таблица 5.2 [1]		Расчёт по формулам (5,6,7)	
		ниж.предел	вер.предел	ниж.предел	вер.предел
60	0	0	0,049	0	0,048
101	1	0,001	0,046	0	0,046
204	4	0,007	0,044	0,003	0,045
205	5	0,01	0,051	0,006	0,052
516	16	0,02	0,047	0,017	0,048
518	18	0,023	0,051	0,020	0,053
517	17	0,021	0,049	0,019	0,051

Используя приведённые формулы и задавая значения n , m можно определить параметры выборки, например 80 и 0.

Формально предложенный подход применим и для расчёта объёма выборки УЕ. Однако контроль наличия УЕ требует точности до единицы, чего выборочный метод обеспечить не может. Данный пункт по своему содержанию противоречит требованию о наличии в ЗБМ 100 % УЕ.

При рассмотрении п. 70 возникают следующие вопросы:

При определении объёма случайной выборки целесообразно учесть информацию, полученную в предыдущих учётных измерениях. Следует ожидать, что известны не только учётные характеристики УЕ, но и их общее количество. Недостача или излишек хотя бы одной УЕ является аномалией. Определить с помощью анализа выборки недостачу или излишек одной УЕ возможно только при 100 % выборке, то есть непосредственным пересчётом. Непонятно, причём здесь приведённые пороговые значения ЯМ.

Если речь идёт о ЯМ в балк-форме, то непонятно, что подразумевается под УЕ.

Можно предполагать, что распределение ЯМ по инвентаризируемой страте ЯМ подчиняется нормальному распределению, оценочные значения параметров которого известны из предыдущей инвентаризации. В этом случае при проведении физической инвентаризации необходимо подтвердить выборочным методом величину отклонения среднего и дисперсии от результатов предыдущей инвентаризации с учётом пороговых значений. Методы таких оценок широко представлены в литературе, например [1].

Метод расчёта объёма случайной выборок и случайный выбор УЕ для обнаружения аномалий при подтверждающих измерениях во время физической инвентаризации в обеспечение требований п. 70, изложенный в приложении 3, нуждается в подробном обосновании.

Наряду с требованиями по учёту ЯМ, правила содержат требования по обеспечению контроля состояния учёта и контроля в организации. Правила требуют осуществления учёта ЯМ путём сплошного непрерывного документального учёта всех хозяйственных и технологических операций с ЯМ, который реализуется в виде массива записей, осуществляемого персоналом. При этом возможны в силу человеческого фактора отдельные нарушения.

Этот массив, можно рассмотреть как множество записей, среди которых имеются неправильные, и применить к этому множеству процедуры определения параметров биномиального распределения, формулы (1-7). Полученные значения параметра биномиального распределения можно использовать для сравнения уровня состояния учёта за различные периоды или в разных подразделениях. В качестве примера рассмотрим два множества записей:

1 множество $N=300$ $m = 7$

2 множество $N=150$ $m = 3$

По формулам (5,6,7) для $K = 2$ получаем верхние границы

- для множества 1 = 0,041,

- для множества 2 = 0,046.

Следовательно, учёт в 1-ом случае ведётся достовернее, чем во втором.

Предложения:

1. Разработать методику определения объёма выборки для оценки количества дефектных объектов в совокупности.
2. Откорректировать содержание п. 70.

Источники:

1. Таблицы математической статистики. Л.Н. Большев, Н.В. Смирнов. Москва, «Наука», 1983г.



Implementation of NP-030-12 Requirements at the JSC “Siberian Chemical Combine”

V.V. Drozd – *JSC “Siberian Chemical Combine”, Seversk,
Russia*

Consideration should be given to the data on the work progress at the JSC “Siberian Chemical Combine”, pertaining to arrangements aimed at implementation of the new State NMC&A requirements at the site. The description should be given of the new regulations implementation procedure and the measures taken for the SCC NMC&A system in place to be in compliance with the new requirements.

Внедрение требований НП-030-12 в ОАО «СХК».

Дрозд В.В.

ОАО «Сибирский химический комбинат», г.Северск.

Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Основные правила учета и контроля ядерных материалов» (НП-030-12), утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17.04.2012 года № 255, зарегистрированные в Минюсте России от 17.08.2012 года № 25210 введены в действие с 09.11.2012 года.

Основные правила учета и контроля ядерных материалов НП-030-12 введены в действие приказом в соответствии с «Положением об организации введения в действие требований федеральных норм и правил на «Сибирском химическом комбинате» П-02-08-2008.

Во исполнение указанного приказа структурными подразделениями ОАО «СХК» согласно функциональной принадлежности, вводимые требования «Основные правила учета и контроля ядерных материалов» НП-030-12 приняты к исполнению и руководству, а также:

1. Структурными подразделениями ОАО «СХК» проведен анализ системы учета и контроля ядерных материалов на предмет соответствия требованиям НП-030-12.

2. Составлен и утвержден генеральным директором ОАО «СХК» перечень несоответствий фактического состояния учета и контроля ядерных материалов требованиям НП-030-12 в соответствии с формой приложения Положения П-02-08-2008. Копия утвержденного перечня несоответствий направлена в Ростехнадзор.

3. Составлен и утвержден генеральным директором ОАО «СХК» план мероприятий по приведению системы учета и контроля в

соответствие требованиям НП-030-12 по форме приложения Положения П-02-08-2008 со сроками исполнения и назначением ответственных за их исполнение. Копия утвержденного плана мероприятий направлена в Ростехнадзор.

На основании плана мероприятий, утвержденного генеральным директором ОАО «СХК», внесены изменения в нормативную документацию учета и контроля ядерных материалов в ОАО «СХК» в части требований:

- к учету и контролю открытых радионуклидных источников и закрытых радионуклидных источников;

- регламентирующих использование пломб с уникальными идентификационными признаками во всех структурных подразделениях ОАО «СХК» для контроля доступа к ядерным материалам категории 1 и 2;

- использования зарегистрированного в списке фактически наличного количества ядерного материала в ЗБМ в качестве документального зарегистрированного количества ядерного материала на начало следующего межбалансового периода;

- к учету и контролю ЯМ при их экспорте/импорте;

- к учету и контролю специальных неядерных материалов;

- о применении правила двух лиц при доступе в помещения с ядерным материалом категории 1 и 2 и выполнении любых работ с этими ядерными материалами в хранилищах;

- о возможности оформления одной программы измерений для нескольких зон баланса материалов (ЗБМ);

- о передачи ядерных материалов между ЗБМ на основании документов, утвержденных руководителем организации или уполномоченного им лица;

- анализа состояния средств контроля доступа, применяемых в целях физической защиты помещений, в которых осуществляется обращение с ядерным материалом;
- к периодичности проведения физической инвентаризации ядерных материалов;
- об информировании предприятия-отправителя о наличии расхождения в учетных данных и подготовки специального отчета о факте аномалии;
- к оформлению акта инвентаризационной комиссии по результатам физической инвентаризации ядерных материалов;
- расчета объемов случайных выборок для подтверждающих измерений в части определения пороговых количеств ядерных материалов и значений доверительных вероятностей;
- к критериям обнаружения аномалий по результатам ФИ;
- о проведении внеплановых физических инвентаризаций ядерных материалов;
- предоставления специальных отчетов о факте аномалии в Госкорпорацию «Росатом» и Ростехнадзор;
- о порядке предоставления отчетов в Госкорпорацию «Росатом» и Ростехнадзор о выполнении мер по устранению и предотвращению аномалий и причин их возникновения;
- о назначении лиц, материально ответственных за ядерный материал, находящийся в ЗБМ;
- о порядке постановки на учет обнаруженного неучтенного ядерного материала;
- к порядку проведения административного контроля состояния учета и контроля ядерных материалов в подразделениях (в ЗБМ) и оформления результатов проверок.

В ходе проведения анализа системы учета и контроля ядерных материалов на предмет соответствия требованиям ПН-030-12 акцентировано внимание по трем следующим пунктам мероприятий:

1. В соответствии с пунктом 20 НП-030-12, ядерные материалы, содержащиеся в закрытых радионуклидных источниках подлежат учету в системе учета и контроля ядерных материалов, если суммарная масса ядерного материала в единичном закрытом радионуклидном источнике превышает минимальное количество. В ОАО «СХК» имелись закрытые радионуклидные источники, состоящие на учете как радиоактивные вещества, суммарная масса ядерных материалов в которых превышала минимальное количество. В части исполнения организован учет открытых радионуклидных источников и закрытых радионуклидных источников, превышающих минимальное количество в системе учета и контроля ядерных материалов.

2. В соответствии с пунктом 33 НП-030-12 регламентировано использование пломб с уникальными идентификационными признаками, соответствующими национальным стандартам для ядерного материала категории 1 и 2. Не во всех подразделениях ОАО «СХК» применялись пломбы с уникальными идентификационными признаками. В части исполнения выполнен анализ существующего порядка пломбировки ядерных материалов, а именно разработаны мероприятия по внедрению пломб и выполнены процедуры, необходимые для организации закупки пломб.

3. В соответствии с пунктом 66 НП-030-12 установлено требование об использовании зарегистрированного в списке фактически наличного количества ядерного материала в ЗБМ в качестве документального зарегистрированного количества ядерного материала на начало следующего межбалансового периода. В части исполнения внесены

соответствующие изменения в нормативную документацию учета и контроля ядерных материалов, устанавливающие порядок использования зарегистрированного в списке фактически наличного количества ядерного материала ЗБМ в качестве документально зарегистрированного количества ядерного материала в ЗБМ на начало следующего межбалансового периода на основании чего внесены, соответствующие изменения в нормативную документацию учета и контроля ядерного материала в ОАО «СХК».

Work Plans on Long-Term Sustainability of the Nuclear Materials Control and Accounting System at the Institute

V.V. Belov – *FSUE “RFNC VNIITF named after Acad. E.I. Zababakhin”, Snezhinsk, Russia*

Consideration should be given to the results of the work on NMC&A system upgrading at the FSUE RFNC VNIITF:

- development and implementation of the computerized NMC&A system at the RFNC VNIITF,
- automation of NM control functions, NMC&A procedures, planning and control of NM transportation between MBAs of the Institute,
- experience of computerized NMC&A system operation at the RFNC VNIITF, activities on the long-term sustainability assurance.

**Трехсторонний семинар по учету и контролю ядерных материалов
12 – 15 ноября 2013 года, г.Обнинск, Россия**

Федеральное государственное унитарное предприятие
Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-
исследовательский институт технической физики имени академика Е.И.
Забабахина
(ФГУП РФЯЦ-ВНИИТФ им. акад. Е.И. Забабахина)
456770, г.Снежинск Челябинской области, а/я 245

Результаты и планы работ по долгосрочному обеспечению
работоспособности СУиК ЯМ в РФЯЦ-ВНИИТФ

В.В. Белов, В.В. Цыбин и др.

Аннотация

В докладе излагаются результаты работ по усовершенствованию системы учета и контроля ЯМ в РФЯЦ-ВНИИТФ:

- Разработка и внедрение компьютеризированной системы УиК ЯМ в РФЯЦ-ВНИИТФ,
- автоматизация функций управления ЯМ, процедуры учета и контроля ЯМ, планирование и контроль транспортировок ЯМ между ЗБМ института,
- опыт эксплуатации компьютеризированной системы УиК ЯМ в РФЯЦ-ВНИИТФ,
- работы по долгосрочному обеспечению работоспособности.

В РФЯЦ-ВНИИТФ с 1996 года ведутся работы по автоматизации системы учета и контроля ядерных материалов (СУиК ЯМ) института на основе информационных технологий.

Основные цели автоматизации СУиК ЯМ в РФЯЦ-ВНИИТФ:

- сокращение угроз для ЯМ (потерь, хищений и т.п.), в том числе снижение зависимости от человеческого фактора;
- повышение оперативности и точности учета и контроля ЯМ;
- повышение безопасности персонала при выполнении процедур УиК ЯМ.

Задачи системы УиК ЯМ:

- автоматизация учета и контроля ЯМ;
- автоматизированное формирование отчетных документов;
- проведение подтверждающих измерений;
- проведение физических инвентаризаций ЯМ с применением штрих-кодированного и измерительного оборудования;
- обеспечение своевременного выявления и предотвращения потерь, хищений и несанкционированного использования ЯМ.

Этими работами охвачены:

- подразделения института, где хранятся и используются ЯМ;
- различные службы института, осуществляющие планирование потребностей в ЯМ, бухгалтерский учет ЯМ, транспортировки ЯМ, методическое обеспечение и контроль за состоянием УиК ЯМ в подразделениях и т. п.;
- соответствующие должностные лица, отвечающие за организацию и функционирование СУиК ЯМ в институте в целом, в подразделениях института.

Согласно «Требований к организации зон баланса материалов (НП-081-07)» и по приказу директора института определено двадцать зон баланса материалов.

Зона баланса материалов является основным компонентом системы учета и контроля, для которого осуществляется подведение баланса материалов и ведется отчетность, определяется наличное количество ядерных материалов, инвентаризационная разница.

В зонах баланса материалов реализован наиболее высокий уровень автоматизации СУиК ЯМ. Номенклатура и количество оборудования для оснащения каждой конкретной ЗБМ определены с учетом технологических процессов с ЯМ в этой зоне, ее структуры и количества ключевых точек измерения.

Работа по автоматизации системы учета и контроля ядерных материалов в институте велась поэтапно. В первую очередь была проведена автоматизация СУиК двенадцати зон баланса материалов института. Следующим этапом проведена автоматизация и остальных зон баланса материалов. Также создана система централизованного учета и контроля ядерных материалов.

В структуре системы выделяются объекты информатизации, каждый из которых представляет собой изолированную локальную вычислительную сеть. Объекты информатизации определяются по производственно-территориальному признаку. Объекты информатизации объединяют от одной до нескольких зон баланса материалов.

Система позволяет автоматизировать процедуры учета и контроля ЯМ (постановка на учет, снятие с учета, выдача исполнителю в работу, прием от исполнителя, проведение подтверждающих измерений, проведение физической инвентаризации, выдача различных отчетных документов). В этой системе решены вопросы сопряжения с оборудованием штрихового кодирования и электронными весами. Также в систему включено гамма-спектрометрическое оборудование, позволяющее проводить подтверждающие измерения изотопного состава ЯМ.

Особое место в системе отводится службе централизованного учета ЯМ. На данный момент времени в этой службе реализованы следующие функции:

- сбор, анализ и обработка информации, поступающей из зон баланса материалов;
- формирование списка фактически наличного количества ЯМ по институту в целом (по результатам физических инвентаризаций ЯМ в зонах баланса материалов и сверок наличия ЯМ с учетными данными);
- предоставление информации руководству института о наличии и перемещениях ЯМ в институте;
- подготовка и предоставление информации в Федеральную информационную систему;
- обеспечение своевременного выявления и предотвращения потерь, хищений и несанкционированного использования ЯМ.

В 2000 году была проведена аттестация по требованиям безопасности информации первой очереди системы. После этого началась эксплуатация.

В 2009 – 2010 годах проведена замена оборудования системы учета и контроля ЯМ в связи с окончанием срока эксплуатации оборудования. Было полностью заменено компьютерное оборудование, оборудование штрихового кодирования и базовое программное обеспечение. Частично были заменены электронные весы.

Был заново проведен процесс аттестации по требованиям безопасности информации как объектов информатизации первой очереди, так и вновь созданных.

В институте создана защищенная корпоративная компьютерная сеть, объединяющая локальные объекты информатизации в единую систему. На данный момент времени ведутся работы по объединению локальных объектов автоматизации в единую систему.

Специалистами научно-технического центра по СФЗУиК ЯМ (структурное подразделение института) и контрольно-методического отдела института разработан перспективный план совершенствования и поддержания долгосрочного обеспечения работоспособности СУиК ЯМ в институте.

В этом плане представлены следующие направления работ по совершенствованию системы:

1. Модуль отслеживания и контроля контейнеров для ЯМ

Модуль должен хранить всю информацию, относящуюся к контейнерам с ЯМ (пустым или загруженным). Модуль должен отслеживать все этапы в течение срока службы контейнера, включая его хранение, загрузку, разгрузку и передачу (пустым или загруженным).

2. Модуль контроля и учета УИВ:

Модуль должен хранить всю информацию, относящуюся к УИВ УиК ЯМ с закупки, до уничтожения и утилизации. Модуль должен отслеживать все этапы в течение срока службы УИВ, включая его хранение, выдачу, применение, удаление, уничтожение и утилизацию.

3. Мониторинг подтверждающих измерений по получению ядерных материалов (входной/выходной контроль)

Функции модуля:

- просмотр информации о статусе контейнеров;
- выдача отчетов: о нарушении времени проведения входного контроля, о несоответствии атрибутивных признаков;
- вывод на экран диспетчера централизованного учета сообщения о нарушении времени прохождения входного контроля, о несоответствии атрибутивных признаков, попытка выдачи контейнера, не имеющего статуса «доступен»;
- ведение архива в активном режиме (все операции должны храниться и просматриваться через экранные формы).

4. Мониторинг перевозок ядерных материалов между ЗБМ

Функции модуля:

- планирования перемещений ЯМ;
- получения разрешения на перемещение ЯМ;
- контроль за осуществлением перемещений ЯМ;
- предоставления информации о перемещениях ЯМ руководству института и в подсистему сбора и обработки информации о ЯМ в институте.

5. Автоматизация мониторинга системы измерений (интеграция контроля качества измерений)

Функции модуля:

- регистрация всех измерений калибровочных и контрольных источников и мер веса;
- установление контрольных пределов для каждой системы измерения;
- установление статистических параметров, используемых для определения, находится ли система измерений «вне контроля»;
- определить системы измерения, находящиеся в состоянии «вне контроля» или с нарушением калибровки, и автоматически уведомить ответственного за хранение в ЗБМ, ответственного лица ЗБМ и координатора по контролю качества измерений;

- предотвращение дальнейшего использования системы измерения, находящейся в состоянии «вне контроля» или с нарушением калибровки, и определить состояние этой системы измерения для оператора.

6. Регистрация и анализ ошибок

Функции модуля:

- регистрация всех ошибок и предоставление возможности ответственному за хранение и ответственному лицу ЗБМ просмотра и распечатывания журнала ошибок за различные периоды времени, такие как смена;
- Предоставление ответственному за хранение и ответственному лицу ЗБМ возможности временно приостанавливать доступ к КСУиК ЯМ для оператора при повторяющихся ошибках до тех пор, пока не будет проведено расследование;
- предоставление ответственному за хранение и ответственному лицу ЗБМ возможности временно приостанавливать использование оборудования при повторяющихся ошибках до тех пор, пока не будет проведено расследование.

7. Работа с архивом

Активный архив.

Все операции в системе должны сохраняться в специальных таблицах базы данных. Должна быть функция работы с архивом (жизненный цикл, движение за учетный период и др.).

Периодическое архивирование.

Регулярно, с установленным периодом, необходимо проводить архивирование и хранение вне системы базы данных системы (на случай аварии).

Пассивный архив.

Ежегодно необходимо сохранять текущую базу данных (все данные за прошлый год). Необходима частичная чистка БД. Оставлять необходимо записи на актуальные УЕ, и убирать данные на УЕ, снятые с учета. Необходимо разработать функции работы с данными архивами. Хранение необходимо организовать отдельно, по годам, 2 независимые копии.

Заключение

В институте создана и успешно функционирует автоматизированная система учета и контроля ядерных материалов.

Сформировался коллектив разработчиков системы, который освоил современные технологии и в тесном сотрудничестве со специалистами службы безопасности и подразделений института решает в комплексе вопросы совершенствования СУиК ЯМ в институте.

Определены перспективные направления развития системы и поддержки работоспособности системы.

The Current Status of NM C&A Hardware and Methodological Support at the FSUE“PA “Mayak”

M.A. Semenov, S.L.Levunin, I.A. Sinev – *FSUE “PA “Mayak”, Ozersk, Russia*

Consideration should be given to the results of development and implementation of NM (nuclear materials) measurement procedures (MP) at the FSUE “PA” Mayak” in the process products, finished products, scrap, waste, as well as the work activity management at the facility. All activities in SMC&A hardware-based and methodological support are represented with regard to the specific features of two production operations:

- SNF reprocessing;
- chemical and metallurgical production operations.

Based on the existing results in individual directions, the principal elements required for NM MP development and implementation within the framework of SMC&A on the basis of destructive and non-destructive assay are analyzed. The list of the main issues under consideration includes:

- measuring techniques – problems of their implementation and perspectives of various methods,
- measuring equipment – requirements and recommendations;
- challenges in SRM development and potential ways to overcome them;
- software;
- regulatory documents and scientific and technical literature;
- training and continuous education for the specialists.



РОСАТОМ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

Современный облик аппаратурно-методического обеспечения СУиК ЯМ на ФГУП «ПО «Маяк»

Семенов Максим, Левунин Сергей, Антушевский Александр,

Обнинск

11.11.2013 – 15.12.2012

Основные виды контроля ЯМ

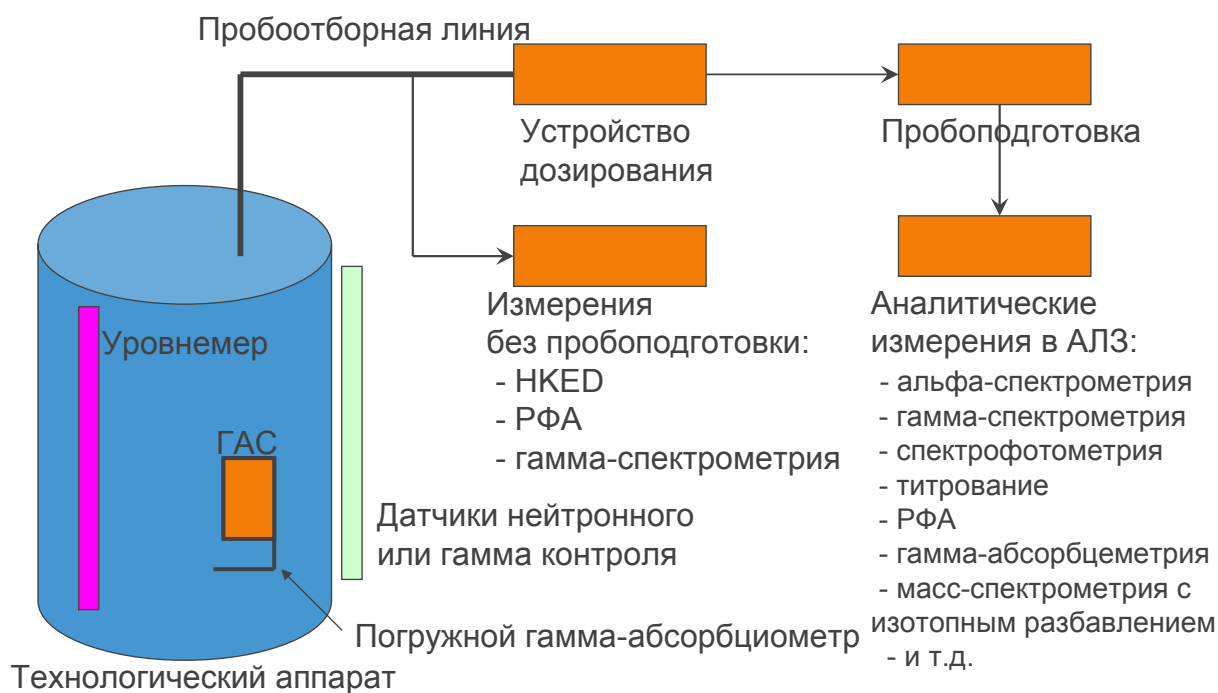


- «Свежее топливо» - подтверждающие неразрушающие измерения
 - изотопного состава урана
 - массы урана в кассетах, в сборках
- ОЯТ – учетные измерения или подтверждение заявленных характеристик ОЯТ
 - определение концентрации U и Pu в облученном топливе
 - расчетные методы ОЯТ
 - неразрушающие методы определения (подтверждения) выгорания ОЯТ + расчетные методы
 - определение концентрации ЯМ по результатам растворения ОЯТ
- Радиохимическое и металлургическое производство – учетные измерения количества ЯМ по всей технологической цепочке
 - измерение концентрации ЯМ
 - измерение объема раствора, содержащего ЯМ в аппарате
 - измерение массы ЯМ
 - измерение изотопного состава ЯМ

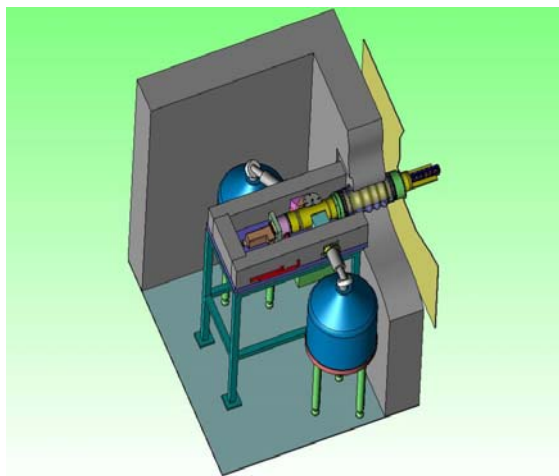


- Готовая продукция – учетные измерения при изготовлении и подтверждающие измерения во время процесса хранения и передачи ЯМ из одной ЗБМ в другую
 - масса ЯМ (масса соединения ЯМ и массовая доля ЯМ в соединении, неразрушающие методы прямое определение массы ЯМ)
 - изотопный состав
 - примеси, влага
- Отходы, накопления на фильтрах, отложения – учетные измерения (разрушающие и неразрушающие методы контроля)
 - определение массы ЯМ в жидких отходах (концентрация ЯМ и объем)
 - определение массы ЯМ в твердых отходах
 - сортировка отходов на «обороты» и РАО

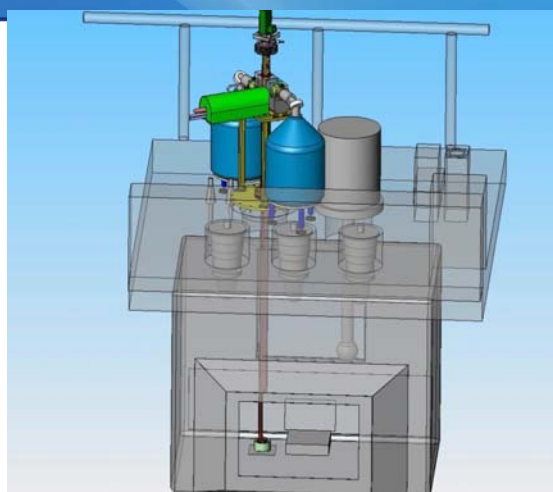
Измерения ЯМ в растворах



Гибридный денситометр НКЕД



Классическая компоновка



Компановка РТ-1

Диапазон измеряемых массовых концентраций

уран - от 0,25 до 400 г/л

плутоний - от 0,25 до 50 г/л

Время измерения - три определения по 600 - 1000 с

www.rosatom.ru

5

Масс-спектрометрия



- Химико-металлургическое производство
 - Масс-спектрометры МИ 1201
- Радиохимическое производство
 - Масс-спектрометры МИ 1201
 - Масс-спектрометры TRITON
 - ICP масс-спектрометры TERMO X, ELAN DRC II

Масс-спектрометр МИ-1201



ICP масс-спектрометры



Масс-спектрометр Тритон



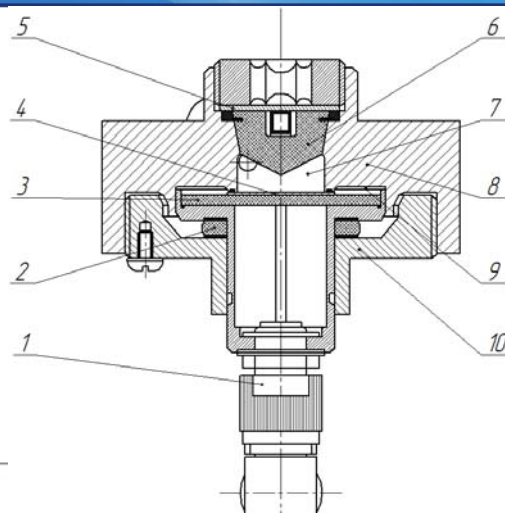
www.rosatom.ru

6

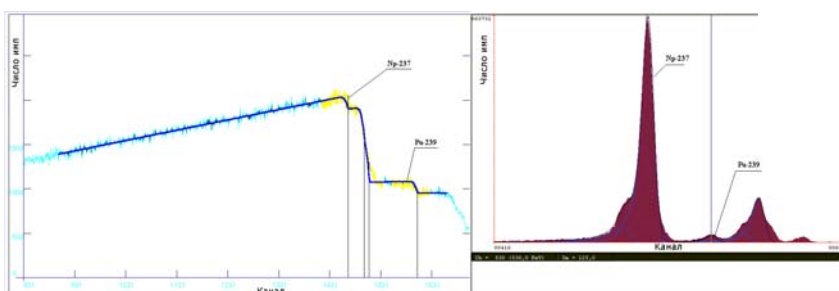
Погружная альфа-спектрометрия



- Метод не требует прободготовки
- МИ массовой концентрации плутония (изотопов плутония: $^{239}\text{Pu}+^{240}\text{Pu}$) в продуктах, содержащих уран в диапазоне от 2,0 до 8,0 мг/л
- Для вычисления концентрации плутония требуется информация об изотопном составе



4 – кристалл детектора;
7 – измерительная кювета;
8 – корпус;
9 – канал для прохождения раствора.



www.rosatom.ru

7

Основные направления НРА совместимы с ПК США и РГАМО



- 1 Готовая продукция U и Pu.
Изотопный состав, обогащение и масса.
- 2 Отложения, накопления
- 3 Скрапы, отходы U и Pu

www.rosatom.ru

8

Изотопный состав U и Pu в готовой продукции и технологических продуктах



1 2 3



+ FRAM

Аттестованные смеси по изотопному составу

Изотопный состав U, Pu в контейнерах:

- Регенерированный уран с массовой долей от ^{235}U от 2,5 до высокообогащенного
- Уран от обедненного до высокообогащенного
- Плутоний с массовой долей от ^{239}Pu от 55 до 98, время выдержки до 25 лет



+ MGA, MGAU

Аттестованные смеси по изотопному составу

Изотопный состав U, Pu в технологических продуктах, как дополнение к масс-спектрометрическому анализу:

- Регенерированный уран с массовой долей от ^{235}U от 2,5 до высокообогащенного
- Уран от обедненного до высокообогащенного
- Плутоний с массовой долей от ^{239}Pu от 55 до 98, время выдержки до 25 лет

www.rosatom.ru

9

Обогащение урана

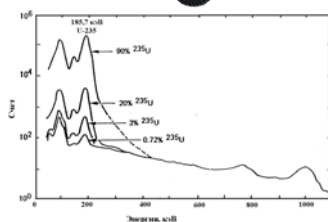


1 2 3

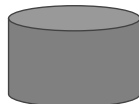


Однооконная методика с подгонкой пика в области 185 кэВ

Регенерированный уран с массовой долей от ^{235}U от 2,5 до высокообогащенного



Комплект СО (НИИАР)



+ Аттестованные смеси по изотопному составу (обогащению)



Двух оконная методика (IMCA)

Уран от обедненного до высокообогащенного

www.rosatom.ru

10

Масса U и Pu в готовой продукции



1 2 3

U – активный режим



Высокообогащенный уран

Аттестованные смеси по масса соединения, массовой доли U и изотопному составу



Регенерированный уран

Pu – пассивный режим (множественность, известное умножение)



Плутоний с массовой долей ^{239}Pu от 55 до 98

Аттестованные смеси по масса соединения, массовой доли Pu и изотопному составу



Плутоний низкого выгорания

www.rosatom.ru

11

Масса и поверхностная плотность U и Pu в отложениях



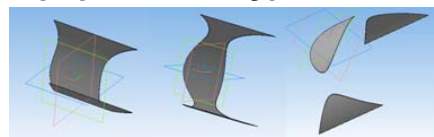
1 2 3



Плутоний с массовой долей ^{239}Pu от 55 до 98



Регенерированный уран



1 МИ изотопного состава плутония (FRAM)

2 МИ массы и поверхностной плотности плутония и урана в отложениях

МКС-АТ6101



Плутоний низкого выгорания

Inspector-1000



VOY



Inspector-1000

- Двух оконный метод для учета ^{241}Am
- Итерационная коррекция на толщину слоя



МКС-АТ1117М

www.rosatom.ru

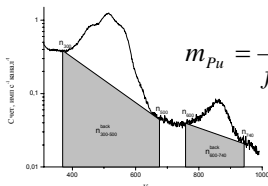
12

Накопления U, Pu



1 2 3

Двухоконный метод



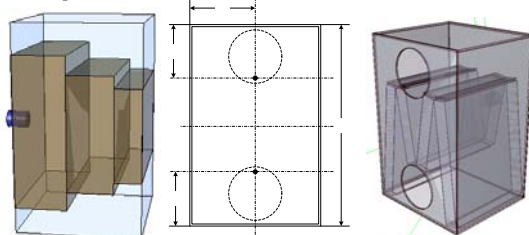
$$m_{Pu} = \frac{1}{f_{239}} \left(\frac{n_{300-500}}{Y_{300-500}^{Pu} \cdot eff_{382}} (CF)_{300-500} - \frac{n_{600-740} Y_{300-500}^{Am}}{Y_{300-500}^{Pu} Y_{600-740}^{Am} \cdot eff_{662}} (CF)_{600-740} \right)$$

МКС-АТ6101

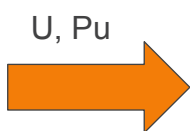


U, Pu

Плутоний
низкого
выгорания



Аттестация с помощью
«образцовых» МИ на базе:
- Q2
- JCC-41



U, Pu

Высокообогащенный уран

МКС-АТ1117М

Экспресс оценка в
некоторых точках

www.rosatom.ru

13

Скрап, отходы Pu



1 2 3

МКС-АТ6101



Производственные
участки **Контроль качества**

Точка входа
переработки скрапов – JCC-41



Скрап

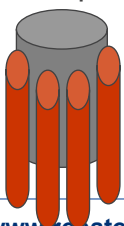
Скрап

РАО

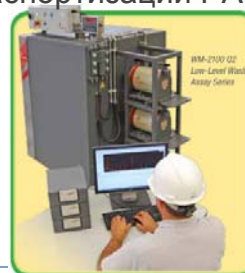
Точка входа
паспортизации РАО – Q2

РАО

ИКП – нейтронная
радиометрия



Переградуировка



www.rosatom.ru

14

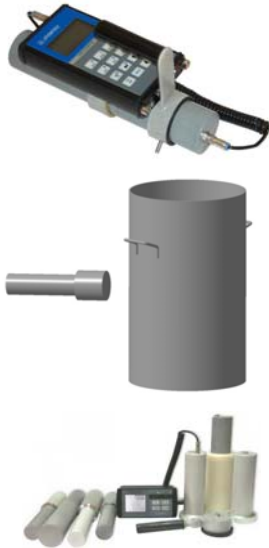
Скrap, отходы U



1 2 3

Производственные участки

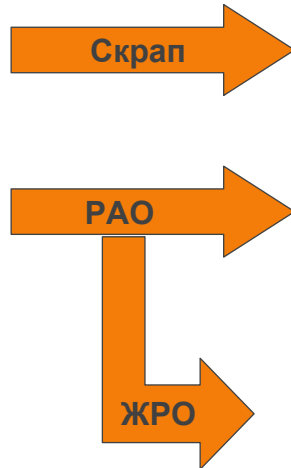
МКC-AT6101



МКC-AT1117M

www.rosatom.ru

Точка входа переработки скрапов и паспортизации PAO – Q2



МКC-AT1315

15

Системы измерения массы (активности урана и плутония в отходах Q2

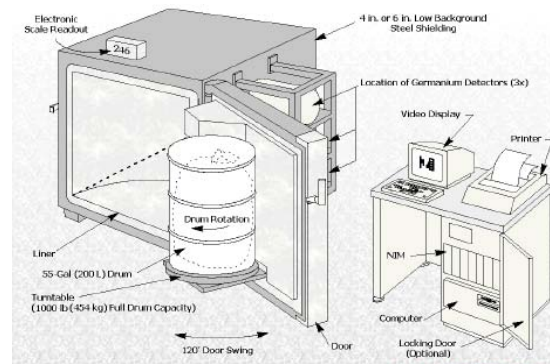
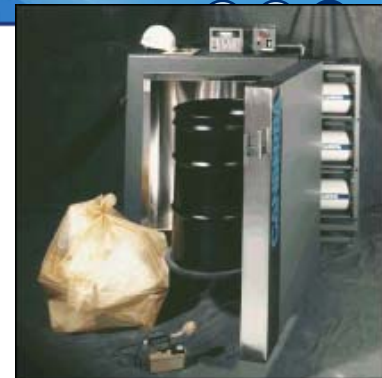


- ПО - NDA2000
- 3 HPGE детектора характеризованы под ISOCS
- Вес Q2 ~ 8 т.

МДА, БК/г

Nuclide	Density	Density
Energy	0.02 g/cm ³	0.44 g/cm ³
Am-241	0.30	0.07
60 keV		
Pu-239	220	30
129 keV		
Pu-239	400	60
414 keV		

Count time = 20 mins



www.rosatom.ru

16



Координация и утверждение



РГАМО

Информационная, техническая и методическая поддержка



ООИ Ростехнадзор

Поставка оборудования



ATOMTEX[®]

Приборы и технологии для ядерных измерений и радиационного контроля

An Experience in Configuration Management for the System of MPC&A in FSUE SRI SPA “Luch”

S.E. Shmelev, V.Yu. Chukov, G.V. Lavrentieva – *FSUE SRI SPA Luch, Podolsk, Russia*

The MPC&A system configuration management is one of the elements to be considered with the aim to ensure sustainability of these systems. However, the configuration role is not limited by the function of only one of its key elements.

The MPC&A system configuration reflects the physical state of both the systems on the whole, and the elements forming them. This fact allows the MPC&A system performance to be evaluated in the course of configuration control. Besides, it makes it possible to keep track of the tendencies in development of these systems and to take early measures to ensure their effective functioning.

In the FSUE “SRI SPA “LUCH”, the mechanism to control and manage the MPC&A system configuration was elaborated on the basis of the concept developed.

This mechanism is based both on the site-specific self-evaluation and control over the status of the elements that form the MPC&A system and on the preliminary consideration of the actions planned to be done, that can influence the MPC&A system performance and operability.

A package of documents that regulates configuration control and management has been developed. A Working Group to control the configuration has been set up. This group is responsible for practical activities at the site.

Опыт управления конфигурацией систем УК и ФЗ ЯМ в ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ»

В.Ю. Чуков, Г.В. Лаврентьева, С.В. Леонов, С.Е. Шмелёв
ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ», г. Подольск

Аннотация

Управление конфигурацией систем УК и ФЗ ЯМ является одним из элементов, рассматриваемых при обеспечении долговременной работоспособности данных систем. Однако роль конфигурации не ограничивается функцией одного из обеспечивающих ее элементов.

Конфигурация систем УК и ФЗ ЯМ отражает фактическое состояние как систем в целом, так и состояние формирующих их элементов.

Это позволяет контролируя эти конфигурации оценивать работоспособность систем УК и ФЗ ЯМ, а также отслеживать тенденции их развития и принимать опережающие меры, обеспечивающие эффективное функционирование систем.

В ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ» на основе разработанной концепции, создан механизм контроля и управления конфигурацией систем УК и ФЗ ЯМ.

Этот механизм основан как на контроле состояния элементов формирующих системы УК и ФЗ ЯМ, проводимом в рамках объектового контроля состояния систем, так и на предварительном рассмотрении планируемых работ, которые могут оказать влияние на работоспособность систем УК и ФЗ ЯМ.

Разработан комплект документов, регламентирующий проведение контроля и управления конфигурацией. Создана рабочая группа по контролю конфигурации, которая проводит практическую работу на предприятии.

Введение

Обеспечение долговременной работоспособности систем УК и ФЗ ЯМ ведется по направлениям, которые охватывают основные сферы функционирования этих систем, а конкретно: структура систем, нормативная документация, персонал, финансирование, функционирование оборудования, контроль функционирования и конфигурация систем УК и ФЗ ЯМ.

Следует обратить особое внимание на такое направление, как «Управление конфигурацией систем УК и ФЗ ЯМ». Значение конфигурации не ограничивается ролью одного из направлений обеспечения долговременной работоспособности систем УК и ФЗ ЯМ.

Конфигурация систем УК и ФЗ включает в себя, в том числе, конфигурации элементов ее формирующих. Перечень объектов, формирующих конфигурацию систем УК и ФЗ, приведен в Приложении 1.

В результате конфигурация является определяющим фактором организации и функционирования как систем УК и ФЗ в целом, так и элементов, составляющих эти системы. Отслеживая и поддерживая конфигурацию элементов, составляющих системы УК и ФЗ, мы практически управляем конфигурацией систем. Обеспечивая условия функционирования элементов, мы гарантируем работоспособность систем УК и ФЗ.

Для осуществления этого в ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ» создан механизм, который осуществляет контроль конфигурации элементов, формирующих системы УК и ФЗ, а также структур предприятия, оказывающих влияние на функционирование этих элементов.

Поддержание конфигурации систем УК ФЗ

Контроль конфигурации, осуществляемый в ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ», основан на опережающем воздействии на объекты, формирующие конфигурацию систем ФЗ УиК с

целью исключения снижения эффективности функционирования систем физической защиты, учета и контроля ЯМ.

Разработанная на предприятии «Концепция контроля конфигурации систем физической защиты, учета и контроля ядерных материалов в ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ» [1] основана на обеспечении эффективной работоспособности и поддержании оптимальных условий функционирования элементов, формирующих системы. Это достигается благодаря использованию двух направлений:

- регулярный контроль работоспособности элементов систем УК и ФЗ;
- рассмотрение выявленных и планируемых изменений элементов и условий их функционирования с точки зрения влияния на эффективность функционирования систем УК и ФЗ.

Первое направление контроль работоспособности элементов СФЗ УиК ЯМ осуществляет действующая на предприятии группа объектового контроля.

По второму направлению для рассмотрения изменений элементов и условий их функционирования на предприятии создана рабочая группа контроля конфигурации систем УК и ФЗ. В группу входят специалисты предприятия в области физической защиты и учета и контроля ядерных материалов.

Основной задачей группы является рассмотрение влияния выявленных или планируемых отклонений и изменений на эффективность работы, как элементов, так и систем в целом, а также разработка мер, направленных на устранение или компенсацию тех отклонений и изменений, которые могут отрицательно повлиять на эффективность работы элементов систем УК и ФЗ.

Чтобы обеспечить своевременное поступление в группу контроля конфигурации информации об ожидаемых изменениях, был определен круг лиц, который, в меру своих полномочий, планирует или согласовывает их. Разработана Инструкция, в которой определены правила выявления таких изменений при плановых работах по модернизации, реконструкции и ремонту объектов инфраструктуры предприятия, а также определен порядок представления информации в группу контроля конфигурации.

Выявление таких работ осуществляется благодаря «Реестру факторов, оказывающих влияние на работоспособность элементов СФЗ УиК ЯМ», разработанному на предприятии. В Реестре для каждого элемента систем УК и ФЗ, приведены объекты, воздействие на которые или изменение которых, оказывают влияние на работоспособность данного элемента. Указана оценка критичности воздействия на элементы каждого из рассматриваемых объектов. Пример построения Реестра приведен в Приложении 2.

Управление конфигурацией систем УК и ФЗ при реконструкции хранилища ЯМ

Практическая работа по поддержанию конфигурации СФЗ УиК ЯМ была проведена при проведении в ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ» реконструкции хранилища ядерных материалов. Эти работы существенно изменили конфигурацию систем УК и ФЗ.

Организация проведения реконструкции хранилища потребовало решения ряда задач:

- создание временных, на период реконструкции, хранилищ ядерного материала;
- оснащение временных хранилищ средствами физической защиты;
- организация во временных хранилищах условий для проведения учета и контроля ядерных материалов;
- оформление временной структуры систем УК и ФЗ.

Выполнение этих задач потребовало корректировки большей части элементов, формирующих системы УК и ФЗ. Характер этих корректировок для элементов приведен ниже:

1. Скорректированные элементы системы физической защиты для оснащения временных хранилищ
 - Организационная структура СФЗ;
 - Инженерные средства СФЗ;

- Технические средства СФЗ – система оптико-электронного наблюдения и оценки ситуации;
 - Технические средства СФЗ – система охранной сигнализации;
 - Технические средства СФЗ – система контроля управления доступом.
2. Характер корректировки элементов системы учета и контроля ядерных материалов:
- Организационная структура СУиК ЯМ – изменение расположения хранилищ ЯМ, размещения персонала;
 - Нормативное обеспечение – корректировка процедур, регламентирующих: доступ в хранилища, перемещения ЯМ, проведение физических инвентаризаций;
 - Система измерений – организация новых ключевых точек измерения ЯМ;
 - Перемещения ЯМ – новые маршруты транспортирования, изменения характера работ оператора поста управления доступом;
 - Автоматизированная система УиК ЯМ – корректировка мест размещения ЯМ;

Реализация предложений привела к существенному изменению конфигурации систем УК и ФЗ на предприятии, что нашло свое отражение в скорректированной нормативной и технической документации.

Выполненные мероприятия позволили обеспечить физическую защиту ядерных материалов и создать условия для осуществления из учета и контроля соответствующие требованиям нормативной документации.

Заключение

Приведенный пример наглядно демонстрирует, как обеспечивая функционирование элементов при изменении их конфигурации, была скорректирована конфигурация систем УК и ФЗ и обеспечено их функционирование.

А это и есть цель обеспечения долговременной работоспособности систем УК и ФЗ - эффективное функционирование в любых условиях.

На предприятии функционирует служба контроля конфигурации систем физической защиты, учета и контроля.

Деятельность службы контроля конфигурации способствует обеспечению долговременного обеспечения работоспособности систем физической защиты, учета и контроля.

Литература

1. Концепция контроля конфигурации систем учета, контроля и физической защиты ядерных материалов в ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ», IV Российская Международная Конференция по Учету, Контролю и Физической защите Ядерных Материалов, Россия, Обнинск, 2009.
2. Контроль конфигурации систем учета, контроля и физической защиты ядерных материалов в ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ», 52 ежегодная конференция Института по обращению с ядерными материалами (INMM-52), США, г. Палм Дезерт, штат Калифорния, 2011.

Перечень объектов формирующих конфигурацию систем ФЗ УиК ЯМ

1. Элементы системы физической защиты:
 - Организационная структура СФЗ;
 - Нормативное обеспечение;
 - Инженерные средства СФЗ;
 - Технические средства СФЗ – система оптико-электронного наблюдения и оценки ситуации;
 - Технические средства СФЗ – система охранной сигнализации;
 - Технические средства СФЗ – система контроля управления доступом;
 - Силы реагирования;
 - Персонал.
2. Элементы системы учета и контроля ядерных материалов:
 - Организационная структура СУиК ЯМ;
 - Нормативное обеспечение;
 - Система измерений;
 - Контроль ЯМ;
 - Перемещения ЯМ;
 - Оперативно-технический учет;
 - Физические инвентаризации;
 - Учетная и отчетная документация;
 - Автоматизированная система УиК ЯМ;
 - Персонал.
3. Зоны баланса материалов.
4. Службы, осуществляющие руководство и управление системами ФЗ УиК ЯМ.
5. Служба главного инженера предприятия.
6. Служба главного метролога предприятия.
7. Гаражный комплекс.

Построение «Реестра факторов, оказывающих влияние на работоспособность элементов СФЗ УиК ЯМ»
на примере элемента системы учета и контроля ядерных материалов «Перемещения ЯМ»

Направление	Наименование элемента	Структурные составляющие элемента СФЗ УиК ЯМ	Объекты, воздействие на которые влияют на работоспособность элементов СФЗ УиК ЯМ	Критичность воздействия на объект	Взаимодействующие элементы систем ФЗ УиК ЯМ
Учет и контроль ядерных материалов	Перемещение ядерных материалов	Перемещение ЯМ через границу корпуса (ЗБМ)	Средства измерения	Высокая	Управление доступом
			Портальные и ручные мониторы	Высокая	Система измерений
			Операторы ПУД	Высокая	Система пломбирования
		Перемещение проб ЯМ через границу корпуса (ЗБМ)	Портальные и ручные мониторы	Высокая	Управление доступом
			Операторы ПУД	Высокая	Система пломбирования
		Транспортирование ЯМ по территории предприятия	Маршруты транспортировки	Средняя	Наряд сопровождения грузов
			Автотранспорт для перевозки ЯМ	Средняя	Система опико-электронного наблюдения и оценки ситуации
					Гаражный комплекс
		Транспортирование ЯМ между предприятиями	Автотранспорт для перевозки ЯМ	Высокая	Силы реагирования
			Автотранспорт для наряда сопровождения грузов	Высокая	Инженерные средства СФЗ
			Транспортные упаковочные комплекты	Высокая	Гаражный комплекс
			Средства связи	Высокая	
		Погрузка / разгрузка автотранспорта	Погрузочные средства	Средняя	Силы реагирования
			Автотранспорт для перевозки ЯМ	Высокая	Инженерные средства СФЗ
					Гаражный комплекс
			Система опико-электронного наблюдения и оценки ситуации		

Work Progress and Prospects of NM C&A Measurement Support at the SSC NIIAR

A.P. Malkov – *JSC “SSC NIIAR”, Dimitrovgrad,, Russia*

The following equipment is used for the purposes of nuclear materials control and accounting (MC&S) problem solution in the JSC “SSC NIIAR”: weighing equipment for NM mass measurement, NM NDA (non-destructive assay) devices; NM destructive analysis equipment; video surveillance system for NM operations; hardware for information processing and storage, execution of documentation. SRM (standard reference materials) for mass, isotopic composition, NM enrichment, as well as mass standards have been fabricated and certified for calibration of instruments. The weighing equipment (scales, weight stations, dynamometers, comparator units) is used for accounting and confirmatory measurements of NM mass in the course of fuel rods/ fuel assemblies’ fabrication as well as in physical inventory taking. Non-destructive measurements with the use of gamma-spectrometers and neutron coincidence counters are applied for confirmatory measurements of uranium enrichment, determination of NM isotopic composition and mass in the items in the course of physical inventory taking. The destructive measurements with the use of mass-spectrometers, coulometers, chemical analysis equipment are applied for determination of material composition, accounting and confirmatory measurements. The video surveillance systems and TID (temper-indicating devices) are applied for the employee control in the course of NM operations. The customized software is designed for measurement results processing, improvement of operational efficiency and accuracy of accounting records management and execution. The research into the effect of various factors on the measurement accuracy (material composition and container wall thickness, the distance between the measurement source and the detector, the measurement geometry, availability of impurities in NM, availability of background radiation etc.) is carried out with an aim to improve the accuracy and reliability of the measurement results. The measuring instruments are certified based on the results of statistically significant measurement runs of the certified reference standards performance. The work is underway on the development and certification of measurement techniques, measurement programs and measurement quality programs.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАБОТ ПО ПОДДЕРЖКЕ ИЗМЕРЕНИЙ В УИК ЯМ В ГНЦ НИИАР

А.П. Малков

ОАО "ГНЦ НИИАР", Димитровград

ВВЕДЕНИЕ

Открытое акционерное общество «Государственный научный центр - Научно-исследовательский институт атомных реакторов» (ГНЦ НИИАР) использует ядерные материалы (ЯМ) в различных технологических процессах. К таким процессам относятся: изготовление твэлов и ТВС; использование твэлов и ТВС в реакторах различного типа; переработку ядерных материалов («свежих» и облученных) из одних физических и химических форм в другие; хранение и транспортирование ЯМ. На реакторных и технологических установках используются ЯМ различного состава как в виде изделий (ТВС, твэлов, экспериментальных образцов), так и в балк-форме. На всех этапах обращения с ЯМ необходимы операции по учету и контролю (УиК) ядерных материалов.

Контроль наличия и определения характеристик ядерных материалов (ЯМ) невозможен без применения калиброванной измерительной аппаратуры, соответствующих методик измерения, процедур измерения. В целях решения задач учета и контроля в ГНЦ НИИАР применяют следующие технические средства: весовое оборудование для измерения массы ЯМ; приборы для неразрушающего анализа ЯМ; оборудование для разрушающего анализа ЯМ; сопутствующее компьютерной оборудованию со специализированным программным обеспечением. Для калибровки аппаратуры изготовлены и сертифицированы стандартные образцы массы, изотопного состава, обогащения ЯМ, а также эталоны массы.

С целью повышения точности и достоверности результатов измерений проводят исследовательские работы по влиянию различных факторов на точность измерений (состав материала и толщина стенки контейнера, расстояние от источника измерений до детектора, геометрия измерений, наличие примесей в ЯМ, наличие фонового излучения и т.д.). На основании результатов статистически значимых серий измерений характеристик сертифицированных стандартных образцов проводят аттестацию средств измерений. Выполняют работы по подготовке и аттестации методик измерений, программ измерений, программ качества измерений.

В докладе приводится краткая информация о текущем состоянии и перспективах работ по аппаратурно-методическому обеспечению измерений в УиК ЯМ в ОАО «ГНЦ НИИАР» в рамках российско-американской программы сотрудничества.

1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА МЕЖДУ НИИАР И НАЦИОНАЛЬНЫМИ ЛАБОРАТОРИЯМИ США

Сотрудничество ОАО «ГНЦ НИИАР» с национальными лабораториями США начато в рамках соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Соединённых Штатов Америки о сотрудничестве в области учёта, контроля и физической защиты ядерных материалов, подписанного 02 октября 1999 г и Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Соединённых Штатов Америки относительно безопасных и надёжных перевозок,

хранения и уничтожения оружия и предотвращения распространения оружия, подписанного 17 июня 1992г., дополненного и продлённого Протоколом от 16 июня 2006г.

Совместные работы начались после подписания Генерального соглашения с Ок-Риджской национальной лабораторией. В рамках генерального соглашения за период сотрудничества заключено 95 контрактов по УиК и ФЗ ЯМ, три из которых продолжают действовать.

В 2012 г., координатором работ с ОАО «ГНЦ НИИАР» в рамках международного сотрудничества с национальными лабораториями США Министерство энергетики США определило Ливерморскую национальную лабораторию им. Лоуренса (LLNL), куда были переданы все незавершенные действующие контракты из ORNL (Ок-Риджская национальная лаборатория США). Между ОАО «ГНЦ НИИАР» и LLNL подписано рамочное соглашение, в рамках которого начата процедура заключения заказов-нарядов.

Работы по совершенствованию СУиК ФЗ ЯМ проводились и проводятся во всех основных подразделениях и объектах института.

Американская сторона поддерживала и поддерживает следующие направления деятельности в области УиК:

- Оснащение ключевых точек измерений (КТИ) в зонах баланса материалов измерительной аппаратурой и сопутствующим оборудованием;
- Обеспечение института современными устройствами индикации вмешательства (пломбами) и оборудованием для их установки и снятия;
- Оснащение основных объектов системами технологического видеонаблюдения за действиями персонала при работах с ЯМ;
- Обучение персонала по задачам УиК;
- Разработка методик измерения;
- Разработка организационных и эксплуатационных процедур и инструкций, регламентирующих организацию работы с ЯМ и использование оборудования;
- Техническое обслуживание оборудования СУиК и обеспечение его запасными частями;
- Изготовление стандартных образцов для весовых и спектрометрических измерений.

Основным направлением совместной деятельности в области УиК является обеспечение зон баланса материалов НИИАР средствами измерений, методиками и процедурами их применения.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ В СИСТЕМЕ УиК ЯМ

Характеристики используемого оборудования: вид, тип, марка оборудования зависит от специфики используемых ЯМ и их обращения в каждом из подразделений НИИАР.

Весовое оборудование (весы, весовые станции, динамометры, компараторы) применяют для учетных и подтверждающих измерений массы ЯМ в процессе технологических операций, изготовления твэлов и ТВС, а также во всех зонах баланса материалов (ЗБМ) при проведении физических инвентаризаций, входного и выходного контроля. Неразрушающие измерения с использованием гамма-спектрометров и счетчиков нейтронных совпадений применяют для подтверждающих измерений обогащения урана, определения изотопного состава и массы ЯМ в учетных единицах (изделиях) при проведениях физических инвентаризаций и при изготовлении стандартных образцов. Разрушающие измерения с использованием масс-спектрометров, кулонометров, аппаратуры для химического анализа применяют для определения состава материала, учетных и подтверждающих измерений [1].

Использование технических средств УиК ядерных материалов в НИИАР осуществляется:

- на институтском уровне;
- в подразделениях института;
- в лабораториях, на опытных и экспериментальных установках.

Разнообразные технические средства, используемых в системе учета и контроля ядерных материалов, их сложность и интеграция с технологическим процессом и методами измерений и обработки данных требуют для поддержания их в работоспособном состоянии привлечения высококвалифицированного персонала различных специальностей непосредственно в ЗБМ. С другой стороны, использование одних и тех же элементов УиК ЯМ в различных подразделениях института приводит к необходимости унификации технических средств УиК ЯМ. Поэтому, в институте принят подход назначения ведущих подразделений, курирующих применение технических средств и их обслуживание по каждому направлению.

3. ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В СИСТЕМЕ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ЯМ В НИИАР

3.1. Весовые измерения

Весовые измерения являются наиболее простым, точным и быстрым видом измерений в системе учета и контроля ЯМ. Весовыми комплексами оснащены все зоны баланса института. Весовые измерения используют при выполнении учетных, проверочных (арбитражных) и подтверждающих измерений при:

- переработке на производственных участках ЯМ в балк-форме с постоянным выполнением учетных измерений массы ЯМ;
- сопровождающих производственные процессы разрушающих аналитических измерений, для которых необходимы высокоточные измерения массы;
- проведении физической инвентаризации. При этом атрибутивный признак инвентарной единицы – «масса брутто» является одной из ее индивидуальных характеристик, доступных для достаточно точных оперативных подтверждающих измерений, а в совокупности с современными устройствами индикации вмешательства, подтверждающие измерения массы брутто позволяют с высокой степенью вероятности регистрировать попытки несанкционированного доступа к ЯМ.

При выборе типа весов учитываются требования к точности измерения массы ЯМ, изложенные в нормативных документах по системе учета и контроля ЯМ и условия проведения измерений в ключевых точках. Часть весов размещается в защитных камерах и боксах. Это накладывает дополнительные требования к весам, используемым для взвешивания ЯМ в таких условиях:

- обязательное наличие пульта дистанционного наблюдения и управления,
- обязательное наличие механизма внутренней калибровки,
- повышенную жесткость и хорошую устойчивость весовой платформы,
- в ряде случаев повышенную устойчивость к агрессивной среде.

В значительной мере этим требованиям соответствуют весы фирмы Mettler-Toledo, которые и составляют основной объем используемых измерительных систем в институте. Для проверки и настройки весов в защитных камерах необходимы специализированные эталоны массы, которые должны надежно захватываться манипулятором, должны быть изготовлены из немагнитного металла, иметь полированную несорбирующую поверхность, обеспечивающую возможность хорошей дезактивации.

Применяемые весовые системы можно условно разделить на три категории:

- промышленные весы, предназначенные для выполнения процедур системы учета и контроля ЯМ при взвешивании содержащих ЯМ изделий и значительных количеств ЯМ в балк-форме, в том числе и в контейнерах;

- аналитические весы, используемые при взвешивании малых количеств ЯМ, например при отборе проб, или при выполнении разрушающих измерений в аналитической лаборатории, или при изготовлении стандартных образцов;

- компараторы массы, предназначенные для выполнения процедур поверки эталонов массы в системе контроля качества измерений массы ЯМ, в том числе и при аттестации вновь изготовленных рабочих эталонов массы.

Для всех установленных весовых систем выполняется проверка их работоспособности, входная метрологическая поверка, поверка после инсталляции на рабочих местах.

За время сотрудничества при финансовой поддержке американской стороны приобретено 74 весовые системы для 7 из 12 ЗБМ института, изготовлены необходимые эталоны массы.

3.2. Средства неразрушающего анализа ЯМ

Аппаратура для измерений методами неразрушающего анализа (НРА) применяется для подтверждения характеристик ЯМ в процедурах их физической инвентаризации и передач. В задачи неразрушающих измерений входят:

– идентификация наличия и типа ЯМ в инвентарных единицах для обнаружения грубых аномалий (полное отсутствие ЯМ или его подмена ЯМ другого типа),

– измерение характеристик ЯМ (изотопного состава плутония, обогащения урана) в инвентарных единицах для подтверждения их соответствия декларируемым учетным данным,

– измерение массы делящихся материалов для подтверждения данных о их количестве.

Основными методами, применяемыми для подтверждающих измерений в процедурах УиК ЯМ, наряду с измерением веса-брутто единиц, являются методы измерения изотопного состава урана и плутония с использованием гамма-спектрометров высокого разрешения. Для неразрушающих количественных измерений ЯМ используют счетчики нейтронных совпадений.

К настоящему времени аппаратурой для неразрушающих измерений оснащены большинство ключевых точек измерений в выделенных зонах баланса ЯМ ГНЦ НИИАР.

Перечень приобретенного на американские средства оборудования, включающего гамма-спектрометры различного типа с соответствующим прикладным программным обеспечением и счетчики нейтронных совпадений, приведен в табл.1.

3.3. Аппаратура и методы разрушающего анализа ЯМ

Методы разрушающего анализа (РА) ЯМ, находящихся в твердой и жидкой фазах разных технологических продуктов, применяются в аналитических подразделениях радио-химического отделения (РХО) и химико-технологического отделения (ХТО) для сопровождения технологических процессов с использованием ЯМ и научных исследований. Для этих целей применяют следующие физико-химические методы:

- ядерная спектрометрия (α - , β -, γ - измерения подготовленных источников),

- масс-спектрометрия (для количественных измерений применяется метод изотопного разбавления),

- спектрофотометрия,

- кулонометрия,

- рентгено-флуоресцентный метод анализа,

- эмиссионная спектрография,

- титриметрические методы, включая метод Дэвиса-Грея.

Аппаратурное обеспечение неразрушающих измерений ЯМ

Измерительная система	Кол-во	Прикладное ПО	Назначение
Гамма-спектрометры высокого разрешения с Ge-детекторами планарного типа ("Canberra")	5	MGA MGAU IMCA	Измерение изотопного состава Pu Измерение изотопного состава U Измерение обогащения U
Гамма-спектрометры высокого разрешения с Ge-детекторами коаксиального типа ("Canberra", "Ortec")	3	FRAM	Измерение изотопного состава Pu/U
Гамма-спектрометры низкого разрешения с NaI-детекторами Inspector ("Canberra"), МЗСА ("Aquila") Колибри ("Грин-Стар"),	3	IMCA ENRICH	Измерение обогащения U
Гамма-спектрометры низкого разрешения Scout ("Quantrad Sensor")	2	Pu/UMaster	Идентификация типа ЯМ
Счетчик нейтронных совпадений AWCC ("Canberra")	1	NCC	Измерение массы ^{235}U
Счетчик множественных нейтронных совпадений ("НИИАР-ЛАНТ")	1	INCC	Измерение массы Pu

3.4. Стандартные образцы для настройки и калибровки измерительной аппаратуры

Для обеспечения единства измерений при проведении учетных и подтверждающих определений характеристик ЯМ, а также при проверке и калибровке измерительной аппаратуры необходимы стандартные образцы (СО). Они также нужны при проверках и настройках новой измерительной техники, для метрологических испытаний программного и методического обеспечения измерений характеристик ЯМ.

В рамках международных программ по совершенствованию системы УиК в ГНЦ НИИАР были произведены и сертифицированы наборы государственных стандартных образцов (ГСО) и радиационных источников с ураном и плутонием [2]:

- Три комплекта каждый из восьми ГСО обогащения урана металлического (ОУМ). Исходный материал - металлический уран (с обогащением по ^{235}U в ряду: 0,4; 0,7; 1,9; 4,9; 12; 26; 60; 90 %) в виде диска толщиной 2,5 мм, диаметром 52 мм герметично упакован в капсулу из нержавеющей стали с окном толщиной 0,5 мм и диаметром 51 мм.
- 15 наборов ГСО ОУ(UO_2). Каждый набор состоит из пяти СО с гранулированным UO_2 (с обогащением по ^{235}U в ряду: 0,7; 3,4; 21; 45 и 90 %). В каждом образце диоксид урана упакован в капсулу диаметром 60 мм, высотой 22 мм с окном толщиной 0,5 мм и диаметром 51 мм. Четырнадцать из этих наборов разосланы по предприятиям Росатома
- Комплект из 26-х ГСО массы и изотопного состава урана (МУ). Исходный материал – металлический уран (90 % по ^{235}U) в виде шариков с массой 3 или 10 г, расположен посередине цилиндрической капсулы из нерж. стали (диаметром 6 и 9 мм, соответственно, и длиной 80 мм). Из двух ГСО МУ с массами шаров 3 и 10 г. формируется комплект для измерения характеристик (или категоризации) радиационных мониторов. Большая часть из этих наборов разосланы по предприятиям Росатома.
- Комплект из 22-х ГСО массы и изотопного состава плутония (МП). Исходный материал – металлический плутоний (97 % по ^{239}Pu) в виде цилиндра с массой 0,3 или 0,1 г, расположен посередине внутренней капсулы, которая находится во внешней капсуле

диаметром 6 и 9 мм, соответственно, и длиной 80 мм. Из двух ГСО МП с массами шаров 0,3 или 0,1 г. формируется набор для измерения характеристик (или категоризации) радиационных мониторов. Большая часть из этих наборов разосланы по предприятиям Росатома.

Ключевой проблемой обеспечения средств измерений для УиК ЯМ требуемыми стандартными образцами следует считать нахождение для их изготовления ядерных материалов необходимого физико-химического состава.

4. ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

К настоящему времени в ГНЦ НИИАР в рамках действующих контрактов, поддерживаемых американской проектной группой, разрабатываются пять методик выполнения измерений (МВИ):

- измерения массы U-235 посредством счетчика активных нейтронных совпадений;
- измерения массы урана посредством счетчика множественности нейтронных совпадений;
- измерения изотопного состава урана, с использованием программы FRAM;
- измерения изотопного состава плутония посредством гамма-спектрометра высокого разрешения, используя программное обеспечение MGA;
- измерения изотопного состава плутония посредством гамма-спектрометров высокого разрешения, используя программное обеспечение FRAM.

По трем первым позициям разработаны проекты методик и завершаются работы по их аттестации.

К первоочередным потребностям при разработке этих методик относится обеспечение требуемыми стандартными образцами.

Стандартные образцы требуются также для калибровки измерительной аппаратуры УиК и разработки методик измерения и для других организаций Росатома. В настоящее время заключен контракт и проводятся подготовительные работы для изготовления в НИИАР еще 22 комплектов государственных стандартных образцов обогащения урана из пяти СО с гранулированным UO₂.

В плановом порядке проводятся работы по техническому обслуживанию оборудования СУиК.

За последний год:

- Завершены работы по модернизации систем технологического видеонаблюдения на двух зданиях и начаты работы по реализации системы технологического видеонаблюдения еще на одном здании;
- Разработан проект модернизации технических средств системы УиК радиохимического отделения;
- Выпущено 6 инструкций, регламентирующих организационные вопросы и правила использования измерительной аппаратуры;
- Разработан учебный курс по организации СУиК в ОАО «ГНЦ НИИАР»;
- Приобретены системы кондиционирования воздуха для ключевых точек измерения;
- Начата закупка оборудования для дооснащения учебного лабораторного участка;
- Начата закупка оборудования для изготовления комплектов ГСООУ для организаций Росатома.

5. ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ

Применение технических средств в системе учёта и контроля ядерных материалов требует решения многих вопросов, связанных с поддержанием долговременного обеспечения их работоспособности. Основными из них являются: техническое обслуживание и ремонт оборудования, обеспечение измерений метрологически

аттестованными методиками и наборами аттестованных стандартных образцов, обеспечение рабочими документами, регламентирующими процедуры эксплуатации, поверки и контроля качества измерений, обучение и подготовка персонала.

Актуальной задачей является замена выработавшего свой ресурс оборудования. Большинство измерительных систем эксплуатируется более от 10 до 15 лет и морально и физически устарели.

Наиболее проблемными являются вопросы подготовки квалифицированного персонала, обеспечения средств измерений стандартными образцами, ремонт оборудования. Эти проблемы являются общими для многих предприятий отрасли, решение которых требует объединения усилий. Ключевую роль в решении проблемных вопросов может сыграть рабочая группа по аппаратурно-методическому обеспечению УиК ЯМ, которая координирует деятельность предприятий по оснащению измерительным оборудованием, стандартными образцами и методиками измерений систем УиК ЯМ.

Список литературы:

1. Горобец А.К., Малков А.П., Теллин А.И. и др. Применение технических средств в системе учета и контроля ядерных материалов в ОАО «ГНЦ НИИАР». IV Российская Международная конференция по учету, контролю и физической защите ядерных материалов, Тезисы докладов. – Обнинск: ГНЦ РФ ФЭИ, 2009. С.62.

2. Горобец А.К., Лещенко Ю.И., Малков А.П. и др. Изготовление государственных стандартных образцов свойств и состава ядерных материалов для неразрушающего анализа. III Всероссийская научно-техническая конференция «Стандартные образцы в измерениях и технологиях», Сборник трудов. – Екатеринбург: ФГУП «Уральский научно-исследовательский институт метрологии», 2011. С.64-65

The EC Contribution to the Rehabilitation Program of Temporary Waste Storage Facilities at Andreeva Bay: Automated NM C&A System

D.A. Plyshevskaya – *FSUE FCNRS, Moscow, Russia*

Consideration should be given to program for the remediation of the environment at the Andreeva Bay Site and major decision on the spent fuel handling with control and accounting of NM located in Andreeva Bay Site.

The Temporary Storage Site for SNF and RW located at Andreeva Bay (Kola Peninsula) was built in the 60's initially as a coastal naval base. Large quantities of SNF and RW were accumulated at the site during technical maintenance of nuclear powered submarines and ice-breakers.

Remediation of the environment at the Andreeva Bay Site has been acknowledged as the main task to improve the environmental situation in Northwest Russia. Nowadays, the Andreeva Bay Site is considered the largest spent nuclear storage site in North-West Russia. According to experts' assessments there are approximately 22,000 spent nuclear fuel assemblies (SFAs). However storage conditions do not meet the present safety requirements and prospectively pose a threat to the environment.

Since 2002, after the G8 summit in Kananaskis (Canada) that gave rise to the Global Partnership Programme for Safety and Security Enhancement and against Spread of Nuclear Weapons, a considerable number of international cooperation projects have been running to remediate the Andreeva Bay infrastructure, aiming at the safe removal of SNF from the Andreeva Bay Site.

The Andreeva Bay programme is supported by the Governments of (a) United Kingdom (Department for Energy and Climate Change – DECC), (b) Italy (Ministry of Economic Development of the Italian Republic), (c) Norway (Norwegian Radiation Protection Authority - NRPA and Finnmark county governor), (d) Sweden (Swedish Radiation Safety Authority - SSM) as well as (e) Northern Dimension Environmental Partnership Support Fund (administrated by the European Bank for Reconstruction and Development – EBRD) and (f) European Commission in the framework of the TACIS Nuclear Safety Programme in Russia.

The contribution from the European Commission is aiming at the provision of support to the Russian Federation to ensure the nuclear materials non-proliferation and enforce nuclear safeguards applied to spent fuel. In agreement with all the other stakeholders the European Commission and ROSATOM identified three areas for funding:

- development of automated nuclear material accounting and control system (NMAC system) addressing all the process stages of SNF management at the Andreeva Bay Site, starting from the retrieval of SFAs from the dry storage units and ending with shipment to FSUE 'PO 'Mayak' for reprocessing,
- development of gamma scanning unit intended for the characterization of spent fuel assemblies prior to transportation,
- provision of canisters for the safe transportation of spent fuel assemblies.

Consideration should be focused is on the implementation of the automated system for nuclear material accounting and control in the framework of complex works at the Andreeva Bay Site. Consideration should start with a brief description of the Andreeva Bay remediation programme. It then presents the principal solutions for SNF management and details the problems associated with nuclear materials accounting and control at the Andreeva Bay Site

Вклад ЕС в программу реабилитации ПВХ в губе Андреева: Автоматизированная система учета и контроля ядерных материалов

**Д.А. Плышевская (ОАО ФЦЯРБ, Россия), Дж. Гонсалвес (JRC-ITU, ЕК),
М. Андерсен (DG DEVCO, ЕК)**

Трехсторонний семинар по учету и контролю ядерных материалов
г. Обнинск, Россия
12-15 октября 2013 года

Экологическая реабилитация ПВХ в губе Андреева



Экологическая реабилитация ПВХ в губе Андреева. Стратегические цели

- Предотвращение возникновения СЦР и радиационного загрязнения во время операций по извлечению ОЯТ из ячеек Блоков сухого хранения
- Вывоз отработавшего ядерного топлива с территории ПВХ в губе Андреева в короткие сроки
- Транспортировка ОЯТ на судне-контейнеровозе* до г. Мурманска и последующая отправка по железной дороге для переработки на ФГУП «ПО «Маяк» (Челябинская область)
- Обеспечение хранения неперерабатываемого ОЯТ на территории ФГУП «Атомфлот» (Мурманская область)

*строительство судна-контейнеровоза ОЯТ и РАО выполнено в рамках программы «Глобального Партнерства Большой Восьмерки» за счет средств Итальянской Республики

Международное сотрудничество по программе экологической реабилитации территории ПВХ в губе Андреева



Создание комплекса для обращения с отработавшим ядерным топливом, улучшение радиационной обстановки на БСХ



Создание комплекса для обращения с радиоактивными отходами



Внедрение автоматизированной системы учета и контроля ЯМ



Создание комплекса для обращения с очень низкоактивными отходами (ОНАО)



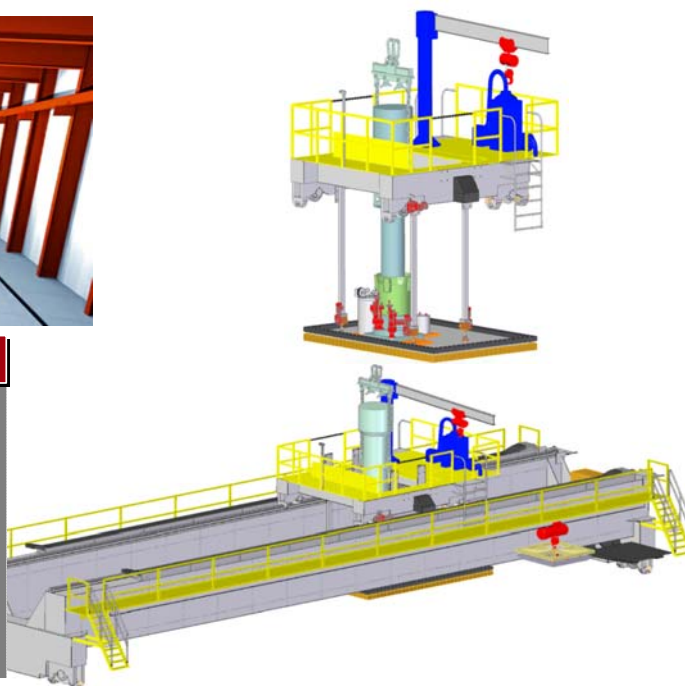
Создание инженерной инфраструктуры, а также инфраструктуры для создания безопасных условий труда

Создание инфраструктуры обращения с ОЯТ в губе Андреева



Задачи:

- Строительство здания-укрытия над емкостями Блоков сухого хранения
- Разработка специальной технологии для извлечения ОТВС и подготовки его к транспортированию на ФГУП «ПО «Маяк»
- Строительство накопительной площадки для временного хранения контейнеров



www.fcncrs.ru



5

Подготовка к строительству здания-укрытия БСХ



Выполненные работы

- Проведены работы по нормализации радиационной обстановки вокруг емкостей БСХ для создания безопасных условий строительства Укрытия и выгрузки ОТВС
- Над ячейками БСХ ЗА установлена горизонтальная биологическая защита (со съемными элементами, перемещаемыми дистанционно)

www.fcncrs.ru



6

Подготовка к строительству здания-укрытия БСХ. Состояние Блока сухого хранения 3А



Загрязнённые бетонные плиты,
изолированные битумом
(состояние в 2002 году)



Всепогодное временное укрытие установлено
в 2004 году
(состояние в 2009 году)

Работы по нормализации радиационной обстановки вокруг БСХ выполнены в рамках программы «Глобального Партнерства Большой Восьмерки» за счет средств Великобритании

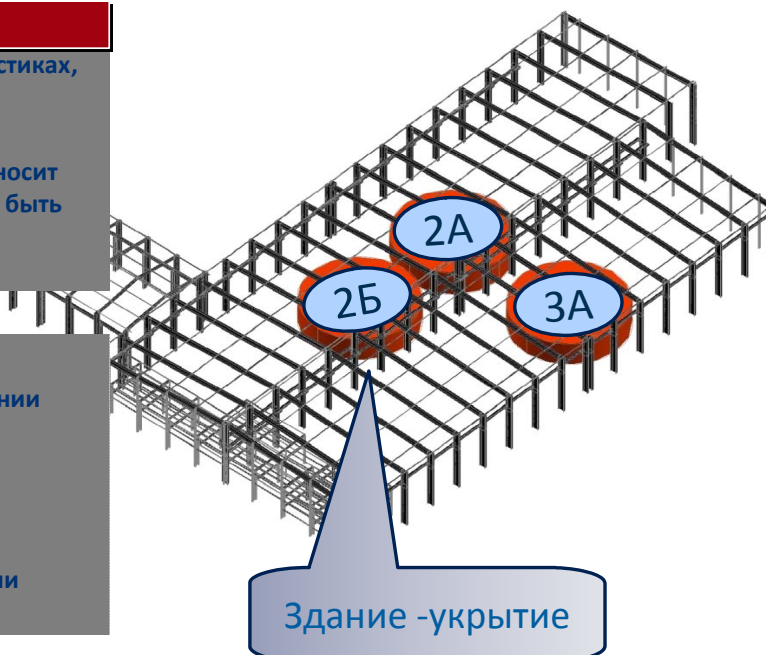
Проблема обеспечения учета и контроля ядерных материалов

Проблемы обеспечения учета ОЯТ:

- Отсутствуют сведения о характеристиках, находящихся на площадке ядерных материалах
- Доступная документация по ОТВС носит фрагментарный характер и не может быть сопоставлена с ячейками БСХ, в которых хранятся чехлы с ОТВС

При этом:

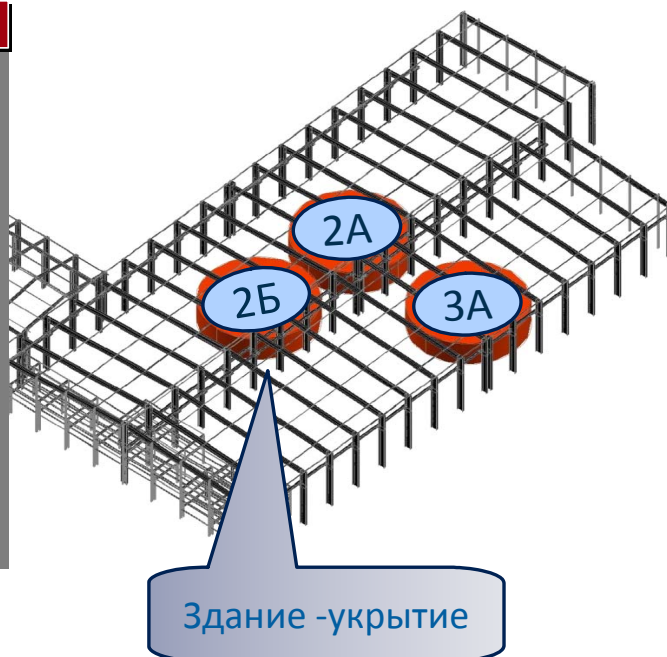
- отсутствие информации о размещении чехлов с ОТВС в ячейках БСХ;
- отсутствие точных данных о количественном содержании изотопов U и Pu;
- отсутствие точных данных о времени выдержки и степени выгорания.



Проблема обеспечения учета и контроля ядерных материалов

Решение:

- Информация для СУиК ЯМ будет получена в процессе извлечения ОТВС из ячеек БСХ с помощью оборудования перегрузочного агрегата.
- Для идентификации ОТВС в АСУиК ЯМ будут использоваться следующие данные:
 - маркировка ОТВС / тип активной зоны;
 - вес ОТВС;
 - фототелевизионная фиксация внешнего вида ОТВС и мест возможных разрушений;
 - результаты гамма-сканирования активной части ОТВС (как измерения, подтверждающие наличие делящегося материала).



Вклад Европейской Комиссии

Название проекта: Задача Е. СУиК ЯМ для отработавшего топлива морского флота на Северо-Западе России (губа Андреева)

Источник финансирования: Программа ТАСИС по ядерной безопасности [Техническое содействие Содружеству Независимых Государств]

Донор: Европейский Союз

Управление вкладом ЕС:

Объединенный исследовательский центр «Институт трансурановых элементов»
JRC – Institute for Transuranium Elements

Общий бюджет проекта: 5,5 млн. евро

Бенефициар: Госкорпорация «Росатом»

Управление и координация проекта с российской стороны:
Федеральный центр ядерной и радиационной безопасности

Реализация проекта: 2011 – 2013 год



Вклад Европейской Комиссии



Реализация проекта ТАСИС в губе Андреева

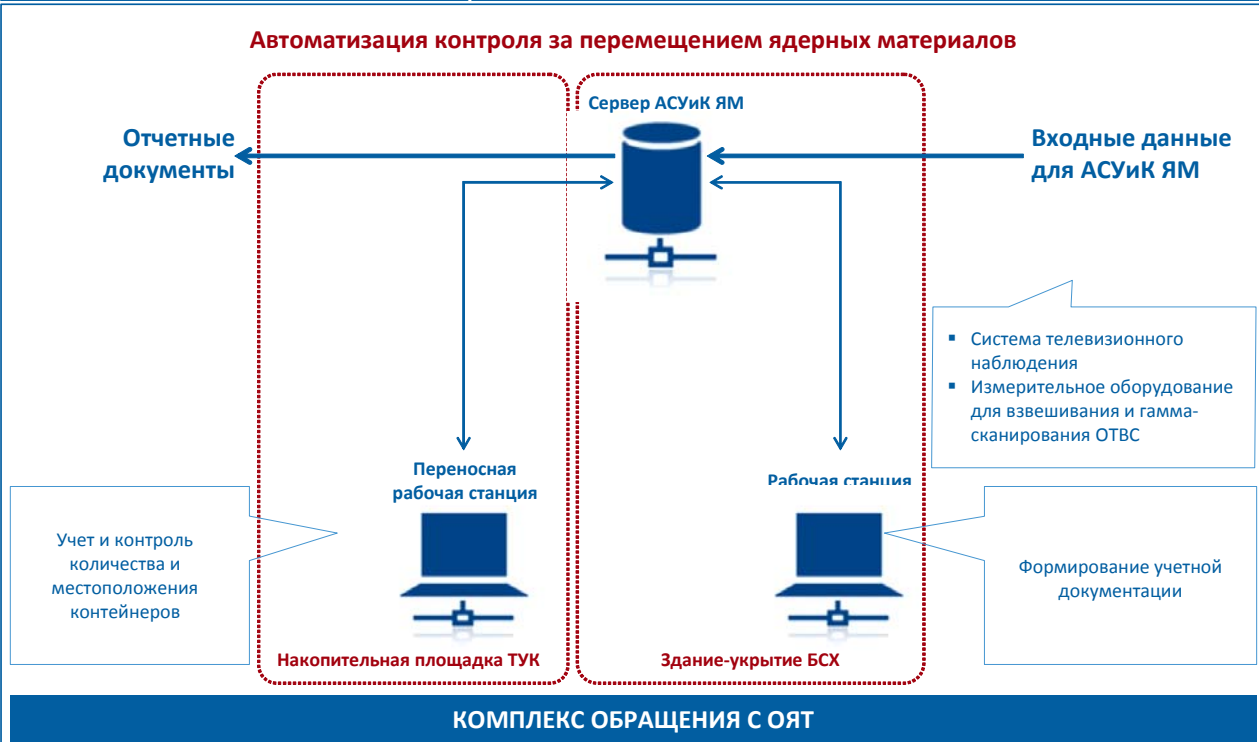
2

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Основные задачи АСУИК ЯМ:

1	обеспечение учета ядерных материалов на территории ПВХ: ОТВС, находящихся в ячейках БСХ и отдельных контейнерах
2	контроль за наличием и перемещением ядерных материалов (извлечение ОТВС, заполнение чехлов/пеналов, формирование ТУК)
3	формирование, регистрация и ведение учетных и отчетных документов, включая отчеты ФИС
4	предотвращение потерь, несанкционированного использования и отвлечения ядерных материалов
5	информационная поддержка физических инвентаризаций
6	создание комфортных условий работы персонала

Контроль за перемещением ядерных материалов



Основные задачи прикладного программного обеспечения АСУиК ЯМ

Функции АСУиК ЯМ в здании-укрытии БСХ

1. Ввод информации о последовательности работ при извлечении ОТВС из ячеек БСХ (результаты обследования состояния ячеек БСХ, чехлов и находящихся в них ОТВС)

Для отложенного решения о выгрузке некондиционного ОЯТ будет обеспечено хранение в БД АСУиК ЯМ данных обследований ячеек БСХ

2. Получение данных от системы телевизионного наблюдения¹
3. Получение данных от измерительного оборудования:
 - динамометрическое оборудование²
 - установка гамма-сканирования ОТВС¹

*Осуществляется: 1) в режиме импорта файлов с данными по линиям ЛВС/с внешних электронных носителей информации, 2) в режиме ручного ввода или с помощью переносного терминала сбора данных

4. Регистрация идентификационных данных ОТВС:
 - заводского номера ОТВС, если возможно его установить
 - телекадров, полученных в процессе подъема ОТВС из ячейки БСХ
 - усилия страгивания и веса ОТВС
 - результаты гамма-сканирования ОТВС
 - заключение о состоянии ОТВС (наличие дефектов)



17

Основные задачи прикладного программного обеспечения АСУиК ЯМ

Функции АСУиК ЯМ в здании-укрытии БСХ (продолжение)

5. Регистрация перемещения ОТВС из ячеек БСХ/отдельных контейнеров и их дальнейшего движения в здании-укрытии БСХ (перегрузка ОТВС в новые чехлы, формирование и отправка ТУК)
6. Формирование паспортов на чехлы и ТУК и др. необходимой сопроводительное документации для отправки ЯМ
7. Проведение физической инвентаризации и формирование отчетов ФИС
8. Защита информации от несанкционированного доступа в соответствии с требованиями ФСТЭК



18

Функции АСУИК ЯМ в здании накопительной площадки ТУК

1. Ввод информации об обращении с ТУК:
 - описание поставки
 - внесение идентификационных данных ТУК (заводской номер)
 - присвоение штрих-кодового идентификатора для ТУК
 - размещение ТУК на накопительной площадке
2. Регистрация перемещения ТУК внутри зоны баланса ядерных материалов
3. Проведение физической инвентаризации ТУК и осуществление контроля правильности установки ТУК на заданное место хранения с помощью переносного считывателя штрих-кодовой маркировки
4. Регистрация отправки загруженных ТУК
5. Формирование сопроводительной документации на ТУК (накладные, упаковочный лист, акты испытаний ТУК и чехлов, акт установки УИВ и др.)

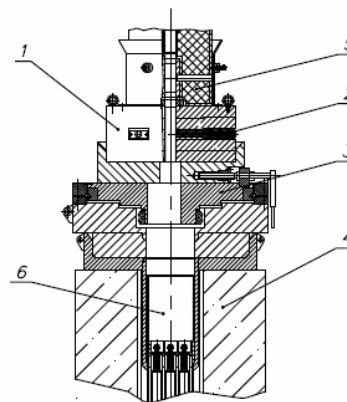


Установка гамма-сканирования ОТВС

Контролируемые параметры:

- значение мощности дозы гамма-излучения;
- распределение мощности дозы вдоль длины ОТВС соответствует «стандартному» для данного вида ОТВС (отсутствие просыпи топливной композиции);
- полученный спектр гамма-излучения должен подтвердить, что основным источником, дающим вклад в спектр, является ^{137}Cs (элемент, определяющий активность облученного топлива по истечении 30 лет после выгрузки из активной зоны реактора)

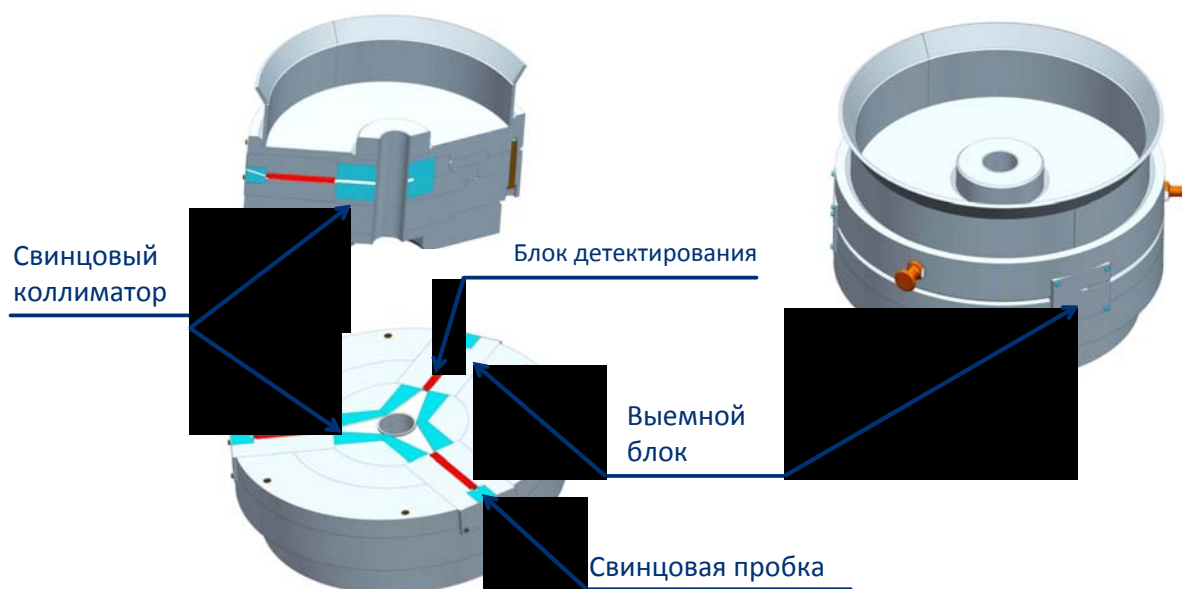
Результаты измерения передаются в АСУИК ЯМ по каналу Ethernet.



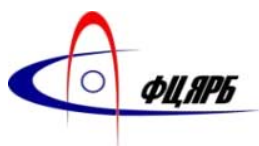
1. Радиационно-защитный корпус Установки гамма-сканирования ОТВС
2. Блок детектирования МЭД
3. Координатно-наводящее устройство № 2020-283-043
4. Пост загрузки чехлов
5. Перегрузочный контейнер с6.02 ОК-300ПБ
6. Чехол типа ЧТ



Установка гамма-сканирования ОТВС



21



ПРЕДПРИЯТИЕ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!

Плышевская Дарья Александровна
PlyshevskayaDA@fcnrs.ru

Открытое акционерное общество
«Федеральный центр ядерной и радиационной безопасности»
Тел. (+7 495) 780 74 83
Факс (+7 499) 324 02 05
info@fcnrs.ru
www.fcnrs.ru

Структура зоны баланса ядерных материалов и ключевые точки измерения

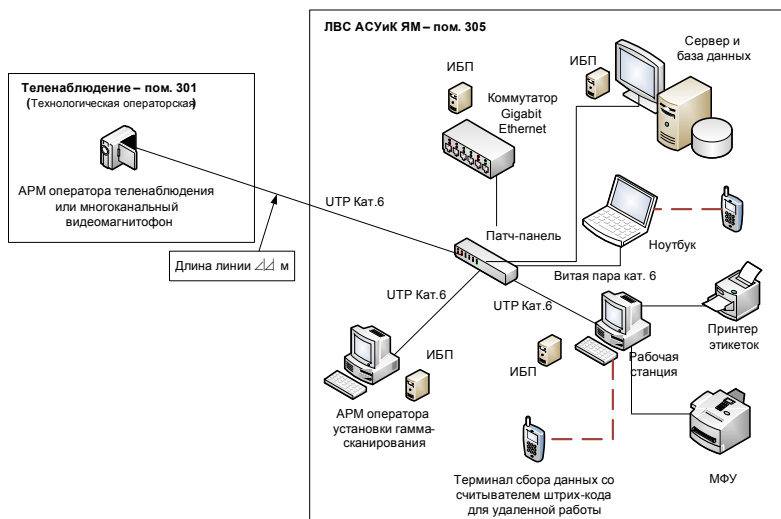


23

Структурная схема ЛВС АСУиК ЯМ

Операции, связанные с идентификацией ОТВС:

Наименование операции	Оборудование
1. Предварительное определение типа чехла путём измерения расстояния от верхнего торца ячейки БСХ до пробки чехла	Линейка лазерная
2. Видеофиксация идентиф. номера ОТВС после вскрытия пробки чехла (если возможно установить номер)	Эндоскоп с видеокамерой
3. Определение усилия пробного страгивания ОТВС	Динамометр электрон. на устройстве пробного страгивания
4. Визуальный осмотр извлекаемой ОТВС при втягивании ОТВС в перегрузочный контейнер	Телекамеры перегрузочного агрегата
5. Взвешивание ОТВС, помещённой в перегрузочный контейнер для ОТВС (возможно совмещение с п.3)	Динамометр электронный (или весы)
6. Гамма-сканирование при загрузке ОТВС в новые чехлы	Установка гамма-сканирования ОТВС



24

NM Control and Accounting Arrangement in Rosenergoatom Concern

V.A. Luppov, M.I. Simagina – *JSC “Rosenergoatom”,
Moscow, Russia*

Nuclear material control and accountancy in Rosenergoatom Concern is in complete compliance with the requirements stipulated in the Basic NMC&A Rules, NP-030-12. The Concern regulatory documents that determine NMC&A procedures for the Concern Headquarters and NPPs, as well as the relevant NPP-level documents have been completely reviewed and updated in view of the NP-30-12 regulations. The reporting areas (RA) have been arranged and registered in Rosatom State Corporation proceeding from the number of NPP sites available, with a unique identification number assigned to each RA. The reporting periods have also been determined.

The Rosenergoatom Concern Headquarters is currently responsible for submitting RA BIL and RA ICR reports to the Automated Federal Information System for the State NM Control and Accounting. These reports are formed on the basis of BIL and ICR reports from the MBAs that are part of the reporting area, with the use of the automated NMC&A system of the Rosenergoatom Concern Headquarters.

A great scope of work is performed on operation maintenance and software development for the automated NMC&A systems in the Headquarters and at the NPPs in order to solve the tasks related to NM process accounting, fuel assemblies archive setup, preparation of the required information about nuclear materials. The activities are under way with aim to develop software tools required to calculate NM contents in spent fuel assemblies of the reactors in operation under the Concern.

The work has been accomplished under the TACIS Project EuroAid/125395/C/SER/RU, “NMC&A system upgrading at the Russian NPPs: a pilot project on NMC&A system computerization at Kursk and Kalinin NPPs”. The work has been done by the consortium of “Baltic Information Systems, UAB BIS”, Lithuania, and FSUE SRI SPA “Luch”. Computer platforms were delivered to the NPPs, the software for automated NMC&A systems at Kalinin and Kursk NPPs was developed and installed at these plants. Currently these systems are in a pilot operation.

ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Трехсторонний семинар по учету и контролю ядерных материалов
12-15 ноября 2013 года, г. Обнинск, Россия

В.А. Луппов, М.И. Симагина

www.rosenergoatom.ru

Сохранность ядерных материалов на АЭС, предотвращение их потерь или хищения эффективно обеспечивают система физической защиты и система учета и контроля ядерных материалов ОАО «Концерн Росэнергоатом». Функционирование системы УиК ЯМ осуществляется в полном соответствии с требованиями нормативных документов федерального уровня и находится под контролем Госкорпорации «Росатом» и Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору.

В целях совершенствования и развития системы учета и контроля ядерных материалов в эксплуатирующей организации ОАО «Концерн Росэнергоатом» действует «Программа работ по совершенствованию и развитию системы учета и контроля ядерных материалов ОАО «Концерн Росэнергоатом» на период до 2015 года».

Реализация данной программы предусматривает:

- обновление методического обеспечения в части учета и контроля ядерных материалов концерна;
- развитие программных средств для расчетов содержания учитываемых ядерных материалов ОТВС в требуемом технологическими процессами объеме;
- совершенствование программного обеспечения компьютеризованного учета и контроля ядерных материалов концерна.

В рамках принятой программы выполняется пересмотр нормативных документов уровня эксплуатирующей организации с учетом требований внедренных НП-030-12.

В настоящее время большая часть нормативных документов в ОАО «Концерн Росэнергоатом» приведена в соответствие с новыми требованиями.

Приводятся в соответствие с НП-030-12 документы АЭС, регламентирующие порядок учета и контроля ядерных материалов уровня ЗБМ.

Осуществляется пересмотр структур и описания ЗБМ АЭС, зон отчетности в связи с организацией новых ЗБМ, связанных со строительством и пуском новых энергоблоков, созданием комплексов по разделке ОТВС при переходе на «сухое» хранение для реакторов канального типа.

Основным организационным принципом совершенствования системы отчетности для представления информации в ФИС явилась организация зон отчетности, введенных на предприятиях.

В соответствии с «Порядком организации зон отчетности» в концерне определены десять зон отчетности, по количеству площадок ядерных энергетических установок.

Согласованы с Госкорпорацией «Росатом» состав и структура десяти зон отчетности ОАО «Концерн Росэнергоатом», которым присвоены идентификационные регистрационные коды.

В настоящее время действует руководящий документ ОАО «Концерн Росэнергоатом», определяющий порядок сбора и обработки информации по зонам отчетности, подготовки отчетных документов и отправки их в ИАЦ ФИС.

Отчетность в ФИС по зонам отчетности формируется на основании отчетов СФНК и ОИК ЗБМ, входящих в зону отчетности с учетом информации о собственнике ядерного материала, режиме его нахождения и использования в организации. Подготовка СНК ЗО и ОИК ЗО осуществляется с использованием автоматизированной информационной системы учета и контроля ядерных материалов ОАО «Концерн Росэнергоатом».

Выполняются работы по сопровождению эксплуатации автоматизированной системы учета и контроля ядерных материалов в центральном аппарате концерна, а также компьютеризированных систем на АЭС.

Обеспечивается развитие автоматизированной информационной системы учета и контроля ядерных материалов ОАО «Концерн Росэнергоатом», включающее разработку процедур формирования новых инвентарных изменений, процедуры проведения сверок.

Обеспечивается сопровождение эксплуатации программных средств для выполнения расчетов содержания учитываемых изотопов ядерных материалов и активности ОТВС, находящихся в различных типах реакторов.

Осуществляются работы по развитию программных средств для обеспечения технологических процессов перевода ОТВС на сухое хранение и вывоза ОЯТ на переработку или долговременное хранение.

В рамках работ, выполненных консорциумом в составе «Балтийские информационные системы, UAB BIS», Литва и ФГУП НПО «Луч» в рамках проекта TACIS EuroAid/125395/C/SER/RU «Совершенствование системы учета и контроля ядерных материалов на российских АЭС: пилотный проект по компьютеризации системы учета и контроля ядерных материалов на Курской и Калининской АЭС», поставлено на АЭС компьютерное оборудование. Разработаны и внедрены на Калининской и Курской АЭС программные средства для компьютеризации систем учета и контроля ядерных материалов. В настоящее время осуществляется их опытно-промышленная эксплуатация.

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ

MC&A System Operation and Upgrading at the FSUE RFNC VNIIEF. Types of Procurement, Implementation Tools and Methods

V.P. Bushmelev, S.S. Zhikharev – *FSUE RFNC VNIIEF,
Sarov, Russia*

Consideration should be given to the nuclear material control and accounting system at the RFNC-VNIIEF. The background of the system arrangement is considered and the fundamental principles of the NMC&A system organization and construction are described. The system is analyzed in terms of the types of procurement in order to determine the main C&A trends and approaches that determine the efficiency of NMC&A functioning at the RFNC-VNIIEF.

Consideration should be given to the issues related to the MC&A system development from the beginning of active upgrading of the NMC&A system that existed at the RFNC-VNIIEF (the Order of the RF President as of September 15, 1994) through the present. The system status assessment is given for the current stage of its functioning; in particular, consideration is given to the tools and methodologies of implementation of the main MC&A functions that are based on the instrumentation control of the MC&A processes, information technologies of their implementation, etc.

The necessity to provide methodological and metrological support for the system should be stressed. The important role of the training programs available for the MC&A personnel is stressed. The issues of potential trends in NMC&A system development at the RFNC-VNIIEF should be touched upon.

**Трехсторонний семинар по учету и контролю ядерных материалов.
Результаты и планы развития Российской ГСУиК ЯМ.**

12-15 ноября 2013 года.

Обнинск, Россия

Доклад

«Функционирование и развитие системы учета и контроля в РФЯЦ-ВНИИЭФ. Виды обеспечения, средства и методы реализации.»

(Раздел семинара: «Итоги совершенствования и перспективы развития систем УиК ЯМ на различных ядерных установках»)

Авторы: В.П.Бушмелев, С.С.Жихарев, В.И.Юферев (РФЯЦ-ВНИИЭФ).

Аннотация

Доклад посвящен системе учета и контроля ядерных материалов РФЯЦ-ВНИИЭФ. В нем рассматриваются предпосылки создания системы, описаны основополагающие принципы организации и построения СУиК. Проведен анализ системы по видам обеспечения с целью определения основных направлений УиК, определяющих эффективность функционирования системы учета и контроля РФЯЦ-ВНИИЭФ.

В докладе уделено внимание развитию СУиК с момента начала активных работ по модернизации существующей системы учета и контроля ядерных материалов в РФЯЦ-ВНИИЭФ (Указ Президента Российской Федерации от 15 сентября 1994 г.) до сегодняшних дней. Дана оценка состояния на текущем этапе функционирования системы, в т.ч. рассмотрены средства и методы реализации основных функций УиК, базирующихся на приборном контроле процессов УиК, внедрении информационных технологий реализации процедур УиК и др.

В докладе подчеркнута необходимость обеспечения систем методическим и метрологическим сопровождением, отмечена важная роль наличия обучающих программ для персонала УиК. Затронуты вопросы потенциальных направлений развития СУиК в РФЯЦ-ВНИИЭФ.

Введение

Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики (РФЯЦ-ВНИИЭФ) - федеральное государственное унитарное предприятие Государственной корпорации по атомной энергии "Росатом". Институт основан в 1946 году для реализации советского атомного проекта. Здесь были разработаны первые отечественные атомная и водородная бомбы.

ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ - крупнейший научно-технический центр России, в котором выполняются работы, связанные с обращением ядерных материалов. В связи с этим, в РФЯЦ-ВНИИЭФ традиционно уделялось и уделяется большое внимание вопросам обеспечения гарантий по нераспространению и сохранности ядерного оружия и ядерных материалов. В частности, придается большое значение функционированию и развитию системы учета, контроля ядерных материалов. Наиболее активно работы по совершенствованию системы учета и контроля ядерных материалов и созданию системы государственного учета и контроля ядерных материалов в РФЯЦ-ВНИИЭФ были развернуты по Указу Президента Российской Федерации от 15 сентября 1994 г. "О первоочередных мерах по совершенствованию системы учета и сохранности ядерных материалов".

Основная часть

На сегодняшний день в РФЯЦ-ВНИИЭФ создана и функционирует система учета и контроля ядерных материалов, имеющая своими основными задачами: регистрацию, обобщение и анализ информации о количестве и движении ЯМ в целях обеспечения механизма сохранности ядерных материалов, своевременного выявления и предотвращения потерь, хищений и незаконного оборота ЯМ.

Система учета и контроля ядерных материалов РФЯЦ-ВНИИЭФ соответствует существующим требованиям действующих нормативных документов и функционирует в интересах и в рамках государственной системы учета и контроля ядерных материалов.

Для обеспечения функционирования СУиК в РФЯЦ-ВНИИЭФ выполнены все необходимые процедуры - определен порядок организации, установлена структура системы УиК, разработана нормативная документация по УиК, назначены подразделения и лица, ответственные за различные направления деятельности при учете и контроле ядерных материалов, включая: организацию УиК на предприятии в целом и на местах, контроль за состоянием и ведением УиК, функционирование системы измерений (метрологическое сопровождение) и др. Кроме этого:

- организованы ЗБМ;
- определены порядок и виды учета ядерных материалов;
- установлены требования к проведению физических инвентаризаций, формированию и предоставлению отчетности по ЯМ;

а также выполнены иные обязательные требования к организации систем учета и контроля ядерных материалов.

Рассматривая СУиК РФЯЦ-ВНИИЭФ как «Систему, представляющую собой совокупность элементов или отношений, закономерно связанных друг с другом в единое целое, которое обладает свойствами, отсутствующими у элементов или отношений их образующих...» можно отметить, что средства и методы ее реализации носят следующий характер:

- нормативно-правовой;
- организационный;
- технический характер;
- документирующий (регистрирующий)¹;
- аналитический;
- контрольный.

Для обеспечения полноты и качества реализации поставленных перед системой учета и контроля задач и поддержания ее нормального функционирования по прямому назначению обеспечиваются:

- организационное и административное обеспечение;
- методическое обеспечение;
- техническое обеспечение;
- обеспечение персоналом;
- метрологическое обеспечение.

Организационное, административное и методическое обеспечения СУиК определяют качество создаваемой системы, возможность выполнения ей задач по прямому функциональному назначению, а также способность к ее дальнейшему развитию и усовершенствованию.

Организационное и административное обеспечение системы определяется документами, устанавливающими организационную структуру, права и обязанности персонала, участвующего в выполнении процедур учета и контроля, участвующего в эксплуатации систем, подсистем и отдельных элементов СУиК. Для предприятия в целом основополагающим документом является положение по УиК, в котором:

- отражаются особенности организации учета и контроля (включая структуру ЗБМ);
- устанавливается порядок учета и контроля за ядерными материалами;
- сформулированы требования к видам и типам отчетной документации, порядку ее формирования и предоставления;
- изложены требования к персоналу и т.д.

Все необходимые изменения, касающиеся функционирования СУиК, проводятся в установленном порядке в соответствии с требованиями действующих нормативных документов по УиК. К организационно-административным видам обеспечения относятся также инструкции, приказы, указания и т.д., которые определяют функции, права и обязанности персонала при реализации процедур учета и контроля, порядок их действий, в т.ч. при возникновении ситуаций, отличных от режимов нормального функционирования системы.

¹ Средства документирования процедур учета и контроля, информации о ядерных материалах являются важным средством реализации СУиК.

Методическое обеспечение СУиК направлено на поддержание правильности функционирования системы, и выражается в т.ч. в проведении постоянного анализа и мониторинга действующих требований по УиК Госкорпорации Росатом и полноте и качестве их реализации в РФЯЦ-ВНИИЭФ. На основе результатов анализа разрабатываются и проводятся необходимые мероприятия по корректировке деятельности в области учета и контроля ядерных материалов на предприятии. При этом, поддерживается в актуальном состоянии документация (включая обеспечение необходимой и достаточной ее номенклатуры), которой предписано руководствоваться при выполнении процедур учета и контроля. Важной и неотъемлемой составляющей методического обеспечения является разработка методик выполнения измерений. Также особое внимание уделено определению порядка проведения физических инвентаризаций.

В рамках реализации технического обеспечения выполняются мероприятия, направленные на обеспечение систем учета и контроля современными средствами объективного приборного контроля, а также средствами автоматизации процессов учета и контроля. Приборный контроль в целях УиК в РФЯЦ-ВНИИЭФ выполняется с использованием оборудования и методов неразрушающего анализа (гамма-спектрометрия, взвешивание). Кроме этого работы по техническому обеспечению УиК в РФЯЦ-ВНИИЭФ связаны с созданием автоматизированных систем учета и контроля, как уровня предприятия так и масштаба ЗБМ.

Метрологическое обеспечение СУиК призвано решать следующие задачи: обеспечение единообразия применяемых при измерениях УиК величин и единиц, получение достоверных результатов измерений, контроль качества измерений. Кроме контроля качества, непосредственно направленного на оценку выполнения измерений, в сферу метрологического обеспечения входит также оснащение системы измерений СУиК стандартными образцами.

Таковы основные виды обеспечения системы учета и контроля ЯМ, реализуемые сегодня в РФЯЦ-ВНИИЭФ.

Необходимо отметить, что в предыдущие годы (до вступления в силу Указа Президента Российской Федерации от 15 сентября 1994 г.) обеспечение защиты главным образом основывалось на осуществлении административного контроля, проведении физических инвентаризаций и документировании операций с ЯМ. Такая система учета и контроля в основном опиралась на персональную ответственность исполнителей, работающих с ядерными материалами, а ввод данных, документирующих все операции с ядерными материалами, включая проведение физической инвентаризации, выполнялся вручную. Одним из основных недостатков такой системы являлась недостаточная оперативность, отсутствие автоматизированных систем и объективного аппаратного контроля ЯМ в СУиК.

К достижениям в области совершенствования СУиК в РФЯЦ-ВНИИЭФ можно отнести разработку и модификацию нормативно-правовой базы, разработку процедур СУиК, внедрение автоматизированных систем учета и контроля, реализацию системы подтверждающих измерений. Так в РФЯЦ-ВНИИЭФ создана и с 2011 года эксплуатируется центральная информационная система учета и контроля ядерных материалов (ЦИС). Внедрение ЦИС позволило объединить большое количество ОЗ ВНИИЭФ в единое информационное пространство. В этой системе осуществляется компьютеризированный УиК ЯМ института. При этом ЦИС охватывает зоны баланса ядерных материалов, расположенные на значительных расстояниях друг от друга.

В качестве основных видов назначения АСУиК определены следующие:

- осуществление оперативного сбора, обработки, хранения и выдачи информации: о ядерных материалах, об изменениях их количества при использовании и передвижении;
- составление, регистрация и ведение учетных и отчетных документов;
- автоматизации процедур учета и контроля ЯМ.

Основными целями создания АСУиК систем являлись:

- реализация процедур определения фактического наличия и количества ядерных материалов;
- оперативное получение информации о местах нахождения ядерных материалов;
- содействие предупреждению и предотвращению несанкционированного доступа к информации о ЯМ и к самим материалам;
- автоматизация процессов сбора, хранения и обработки информации о ЯМ.

Исходя из определенных выше целей и назначения создания систем в них реализованы соответствующие средства и механизмы, обеспечивающие:

- Сбор информации по УиК.
- Обработку этой информации по заданным алгоритмам.
- Надежное хранение информации и ее защиту.

АСУиК, включая ЦИС, базируются на объединении технических средств в локальную вычислительную сеть. Созданная ЦИС в совокупности с локальными АСУиК позволяет фактически в режиме реального времени получать информацию о ЯМ в местах их нахождения и затем централизованно обрабатывать ее. Обязательной составляющей всех АСУиК является информационное обеспечение. В его состав входят: формы документов УиК, классификаторы, нормативная база, решения по размещению и формам существования информации в СУиК при ее функционировании. В качестве специализированного программного обеспечения УиК используется ПО «Accord» разработки РФЯЦ-ВНИЭФ. Гибкость настроек этого программного обеспечения и набор запрограммированных в нем функций позволяют реализовывать процедуры УиК в охранных зонах с разными технологическими циклами обращения ядерных материалов.

В эксплуатации ЦИС участвует значительное количество подразделений и персонала, задействованного как в выполнении процедур УиК, так и обеспечивающего нормальное функционирование подсистем и элементов ЦИС. Для обеспечения нормального функционирования ЦИС было проведено обучения персонала соответствующим навыкам работы с подсистемами и элементами ЦИС. Сами работы выполняются по заранее подготовленным планам, охватывающим все виды и направления работ по эксплуатации ЦИС, включая техническое и авторское сопровождение систем и подсистем ЦИС, использование объектов ЦИС по прямому функциональному назначению.

Необходимо отметить, что важным вкладом в развитие системы учета и контроля ядерных материалов в РФЯЦ-ВНИИЭФ является реализуемая сегодня программа подтверждающих измерений. В целом система измерений ЯМ представляет собой совокупность средств измерений ядерных материалов и организационных мероприятий, позволяющих получать на основе выполняемых измерений данные: о количестве, элементном и изотопном составе ядерных материалов, находящихся и производимых в ЗБМ, получаемых в ЗБМ или отправляемых из ЗБМ; о фактическом наличии ядерных материалов в ЗБМ при проведении физических инвентаризаций; о погрешностях значений измеряемой величины ядерного материала в ЗБМ. Программа измерений предполагает определение: ключевых точек измерений, методик выполнения измерений, средств измерений, стандартных образцов, сведения о периодичности измерений, показатели точности измерений и т.д.

В результате реализации работ по внедрению программы подтверждающих измерений на сегодняшний день РФЯЦ-ВНИИЭФ располагает переносными сцинтилляционными спектрометрами Inspector-1000, программно-аппаратными комплексами на базе InSpector-2000 (портативный многоканальный анализатор с цифровым сигнальным процессором) с детекторами высокого разрешения. Разработаны методики выполнения (МВИ) подтверждающих измерений, предназначенных для использования в составе системы подтверждающих измерений РФЯЦ-ВНИИЭФ гамма спектрометрических комплексов, состоящих из указанных типов оборудования.

Одна из разработанных методик предполагает использование портативности «InSpector-1000», при этом обеспечивая доступность выполнения приборного контроля персоналом низкой квалификации. В ней анализ получаемых гамма-спектров реализован на использовании программного обеспечения Genie 2000. Сам прибор укомплектован детектором LaBr₃(Ce) и детектором нейтронов и коллиматором.

МВИ подтверждающих измерений с использованием InSpector-2000 построена на определении изотопных отношений с использованием программного обеспечения «FRAM» в сочетании с указанными выше техническими средствами измерения. В состав комплекса входит InSpector-2000 (МКА с цифровым сигнальным процессором) и коаксиальный германиевый детектор, оснащенный коллиматорной защитой. В отличие от методики подтверждающих измерений с использованием детекторов на основе LaBr₃, предназначенных для оперативной стратификации учетных единиц (УЕ) по основному нуклиду, подтверждающие измерения с использованием ОЧГ-детекторов обеспечивают возможность подтверждения декларируемого изотопного состава УЕ.

Кроме этого, система измерений УиК РФЯЦ-ВНИИЭФ оснащена комплектами стандартных образцов системы государственного учета и контроля ядерных материалов, образцовыми источниками ионизирующего излучения. Проведена подготовка специалистов для технического сопровождения используемых гамма-спектрометрических комплексов.

Одной из важнейших целей СУиК является обеспечение сохранности, своевременное выявление и предотвращения потерь, несанкционированного использования и хищений ядерных материалов. В рамках реализации этой подзадачи РФЯЦ-ВНИИЭФ проводит работы, связанные с усовершенствованием процедур контроля отходов ядерных материалов, т.к. вопросы контроля отходов так или иначе, перекликаются с задачами, реализуемыми системой учета и контроля ядерных материалов. Измерения отходов ядерных материалов (кроме реализуемых в этом направлении процедур УиК ЯМ) в т.ч. способствуют повышению эффективности своевременного обнаружения и предотвращения потерь ЯМ. Исходя из этого видится важной качественная реализация контроля за радиоактивными отходами с точки зрения снижения рисков по хищению или «переключению» привлекательных материалов. При этом, целью таких измерений, кроме получения информации, характеризующей непосредственно сами отходы, является в т.ч. - получение объективной информации о возможном содержании в отходах ядерных материалов. Наиболее весомый с точки зрения получения объективной информации о перемещаемых отходах, видится контроль, реализуемый на основе измерений. При проработке данного направления выбор сделан на неразрушающих методах измерений и соответствующих средствах измерения (СИ), позволяющих в сжатые сроки определять радиационные и физико-химические характеристики РАО. На сегодняшний день, в качестве основы технической модернизации реализуется внедрение как мобильных гамма-спектрометрических приборов, так и стационарных измерительных комплексов, позволяющих производить, в т.ч., паспортизацию отходов. Оснащение объектов РФЯЦ-ВНИИЭФ такими современными средствами измерения в рамках указанного направления работ позволит повысить эффективность выявления в т.ч. таких возможных несанкционированных действий по отношению к ЯМ как сокрытие привлекательного материала в потоке отходов.

Таким образом, за последние годы в РФЯЦ-ВНИИЭФ создана, функционирует и продолжает развиваться система учета и контроля ядерных материалов, охватывающая различные аспекты УиК и отвечающая современным действующим требованиям в этой области. Наиболее перспективными в области развития СУиК в РФЯЦ-ВНИИЭФ на сегодняшний день видится усовершенствование системы измерений в части контроля параметров ЯМ и контроля РАО в целях УиК.

The Results of NMC&A System Implementation and Upgrading in the SSC RF-IPPE.

V.S. Serdechny, S.A. Bogdanov, V.G. Dvukhshestnov, V.I. Stasuk, G.A. Myakishev, B.G. Ryazanov – SSC RF-IPPE, Obninsk

Consideration should be given to the main stages in the NMC&A system development, implementation and upgrading in the SSC RF-IPPE, with the central storage, BFS and EKYaB material balance areas as an example. The principal emphasis is made on fitting the MBAs with measurement equipment, development of measurement methodologies, elaboration of regulatory documents, personnel training and setting up the NMC&A information system in the BFS MBA.

Consideration should be also given to the activities related to NMC&A system structure improvement and management in the SSC RF-IPPE.

Результаты создания и совершенствования системы УиК ЯМ в ГНЦ РФ-ФЭИ.

Сердечный В.С. Богданов С.А. Двухшерстнов В.Г.
Стасюк В.И. Мякишев Г.А. Рязанов Б.Г. – ГНЦ РФ-ФЭИ

В докладе представлены основные результаты развития и совершенствования системы УиК ЯМ в ГНЦ РФ-ФЭИ на примере зон баланса центрального хранилища, БФС и ЭК ЯБ с учетом:

- пятнадцатилетнего опыта функционирования системы государственного учета ЯМ ГНЦ РФ-ФЭИ;
- сотрудничества с американскими лабораториями, в частности, по темам «Управление конфигурацией СУиК ЯМ ГНЦ-РФ ФЭИ», «Проверка работоспособности элементов системы контроля и учета ядерных материалов в основных зонах баланса материалов ГНЦ РФ-ФЭИ», «Лазерная маркировка» и «Программное обеспечение компьютерной системы учета ЯМ БФС»;
- обновления нормативно-технической документации Госкорпорации «Росатом» по учету, контролю и информационному обеспечению СУиК ЯМ на предприятиях Госкорпорации «Росатом».

1. Структура СУиК ЯМ

Общая организация системы учета и контроля ядерных материалов в ГНЦ РФ-ФЭИ определена в «Положении по УиК ЯМ в ГНЦ РФ-ФЭИ». Согласно этому документу, учет и контроль ядерных материалов на предприятии осуществляется:

- на уровне ГНЦ РФ-ФЭИ,
- на уровне зон баланса материалов (далее – ЗБМ).

Ответственным за организацию учета и контроля ЯМ в ГНЦ РФ-ФЭИ является заместитель генерального директора – главный инженер ГНЦ РФ - ФЭИ, который осуществляет оперативное руководство системой УиК ЯМ через заместителя главного инженера по эксплуатации.

Заместитель генерального директора – главный инженер ГНЦ РФ – ФЭИ утверждает организационные и нормативно-распорядительные документы по учёту и контролю ЯМ в ГНЦ РФ-ФЭИ. В отсутствие заместителя генерального директора – главного инженера ГНЦ РФ – ФЭИ его полномочия по учёту и контролю выполняет заместитель главного инженера по эксплуатации.

В 2013г. в ГНЦ РФ-ФЭИ создана служба учета и контроля ядерных материалов ГНЦ РФ – ФЭИ. Сокращенное название – служба УиК ЯМ.

Служба УиК ЯМ включает: контрольно-методическое бюро (далее – КМБ) отдела ядерной безопасности (далее – ОЯБ) и бюро сводного учета ЯМ, РВ и отчетности (далее – БСУ) отдела перевозок и хранения спецпродукции (далее – ОПХСП).

Руководителем службы УиК ЯМ является заместитель главного инженера по эксплуатации ГНЦ РФ – ФЭИ.

1.1. Основные задачи и функции службы УиК ЯМ.

Основной задачей службы УиК ЯМ является организационное и методическое обеспечение функционирования систем учета и контроля ЯМ в ЗБМ и ГНЦ РФ-ФЭИ в целом в соответствии с требованиями действующих норм и правил.

Служба УиК ЯМ в соответствии с возложенной на неё основной задачей выполняет следующие функции:

- обеспечивает в соответствии с требованиями федеральных и отраслевых нормативных и распорядительных документов сбор в установленном порядке отчетных данных по ЯМ, их сверку и анализ на полноту и достоверность, ведение сводного учета и отчетности по ЯМ по ГНЦ РФ–ФЭИ в целом, формирование квартальных и годовых отчетов и представление их в Госкорпорацию «Росатом» и надзорные органы;

- контролирует состояние учета и сохранности ЯМ во всех ЗБМ ГНЦ РФ – ФЭИ, наличие нормативной документации по учету и контролю ЯМ, порядок её ведения и полноту выполнения требований по использованию и обеспечению сохранности ЯМ в ЗБМ;

- осуществляет контроль оперативно-технического учета, использования ЯМ по назначению, перемещений ЯМ между ЗБМ, ГНЦ РФ-ФЭИ и внешними организациями и осуществляет методическое содействие персоналу ЗБМ при проведении работ по УиК ЯМ;

- разрабатывает мероприятия, направленные на совершенствование действующих в ЗБМ систем УиК ЯМ;

- организует разработку и внедрение нормативных документов ГНЦ РФ – ФЭИ, обеспечивающих ведение УиК ЯМ в ГНЦ РФ – ФЭИ;

- осуществляет контроль перемещений ЯМ между ГНЦ РФ-ФЭИ и внешними организациями, контроль перемещений ЯМ между ЗБМ; контроль расходования ЯМ при технологической переработке, контроль всех изменений учетных данных ЯМ, контроль состояния учетной и отчетной документации;

- контролирует организацию входного контроля, учета, хранения, выдачи, установки, снятия и уничтожения пломб, применяемых в системе УиК ЯМ;

- контролирует наличие средств измерения (далее – СИ) характеристик (параметров) ЯМ и аттестованных методик измерения (далее – МИ) и соответствие СИ характеристик (параметров) ЯМ и аттестованных МИ требованиям нормативной документации;

- контролирует организацию, проведение плановых физических инвентаризаций (далее – ФИ), подведения баланса ЯМ по итогам ФИ;

- проводит выборочную проверку фактического наличия ЯМ в местах их нахождения и соответствия фактических характеристик ЯМ учетным данным, выборочную сверку данных учетных и отчетных документов;

- проводит проверки состояния учета и контроля ЯМ в ЗБМ ГНЦ РФ-ФЭИ в соответствии с утвержденным графиком проверок;

- ежегодно разрабатывает справку о состоянии системы учета и контроля ЯМ в ГНЦ РФ-ФЭИ, готовит предложения по улучшению учета и контроля ЯМ;

- организует работу по сбору из ЗБМ ГНЦ РФ–ФЭИ в установленные сроки в предписанных форматах отчетных сведений по ЯМ с их последующей сверкой с учетными данными и анализ их на достоверность, а также формирование сводной отчетности ГНЦ РФ–ФЭИ перед Госкорпорацией «Росатом» и надзорными органами;

- контролирует обоснованность и соблюдение норм безвозвратных потерь;

- разрабатывает корректирующие мероприятия по результатам инспекций и проверок, проведенных в организации представителями Ростехнадзора и Госкорпорации «Росатом». Представляет в Управление ядерных материалов Госкорпорации «Росатом» информацию о выполнении корректирующих мероприятий и о состоянии системы УиК ЯМ в ГНЦ РФ-ФЭИ в соответствии с требованиями нормативных документов Госкорпорации «Росатом»;

- осуществляет проведение, в случае необходимости, подтверждающих измерений ЯМ во время плановых ФИ или по запросам подразделений (по договорам с этими подразделениями) с помощью оборудования, имеющегося в ОЯБ;

- контролирует выполнение условий договора о передаче находящихся в федеральной собственности ядерных материалов в пользование ГНЦ РФ–ФЭИ;
- осуществляет проверку наличия документов по подготовке и проверке знаний персонала;
- анализирует и согласовывает разрабатываемую в ЗБМ оперативно-техническую документацию по учету, передачам, переработке и использованию ЯМ на предмет полноты и достоверности информации о ЯМ;
- регистрирует разрабатываемую в ЗБМ оперативно-техническую документацию по перемещению, переработке, использованию, изменению учетных данных ЯМ.

1.2. Системе УиК ЯМ ГНЦ РФ-ФЭИ оказывают содействие следующие подразделения:

эксплуатационно-производственное управление организует получение лицензий на работы с использованием ЯМ и предоставление копий новых лицензий в Госкорпорацию «Росатом» в течении 15 дней, организует проведение проверок знаний нормативных правовых документов в области использования атомной энергии, контролирует обеспечение безопасной эксплуатации оборудования, стендов, установок ИЯУ в которых используются ЯМ;

отдел метрологии обеспечивает поверку (калибровку) приборов и систем измерений характеристик ЯМ, осуществляет разработку и аттестацию методик измерений и стандартных образцов, применяемых для УиК ЯМ. Должностным лицом, ответственным за обеспечение организации и функционирования системы измерений ЯМ для целей учета и контроля является начальник отдела метрологии;

отдел технического обучения (далее – ОТО) организует повышение квалификации и проверку знаний персонала по УиК ЯМ;

бюро по учету товарно-материальных ценностей и спецпродукции бухгалтерии ГНЦ РФ-ФЭИ ведет централизованный бухгалтерский учет ЯМ в институте в натуральном и стоимостном выражении и отчитывается перед вышестоящими организациями в соответствии с действующими в бухгалтерском учёте нормативными документами, привлекается к проведению инвентаризации ЯМ в ЗБМ и проводит периодическую сверку записей в приходно-расходном журнале учета ЯМ в ЗБМ на их соответствие с данными бухгалтерского учета. Бухгалтерский учет ЯМ в ГНЦ РФ-ФЭИ организован в соответствии с инструкциями Министерства финансов РФ.

1.3. Организация СУиК ЯМ в ЗБМ

Описание всех ЗБМ ЯМ ГНЦ РФ-ФЭИ приведено в документе «Структура и описание зон баланса ядерных материалов в ГНЦ РФ-ФЭИ», согласованном с начальником Управления ядерных материалов Госкорпорации «Росатом». Регистрационные номера ЗБМ ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ» приведены в карточке регистрации зон баланса материалов, полученной из Госкорпорации «Росатом».

Ответственность за организацию и функционирование системы УиК ЯМ в ЗБМ возложена (по приказу генерального директора) на административного руководителя ЗБМ и отражена в его должностной инструкции.

Список регистрационных номеров, наименований ЗБМ, руководителей ЗБМ и их заместителей обновляется ежегодно приказом по ГНЦ РФ – ФЭИ.

Материально-ответственные лица за ЯМ в ЗБМ назначены приказами по ГНЦ РФ-ФЭИ и с ними заключены договора о полной индивидуальной или коллективной (бригадной) материальной ответственности.

2. Управление конфигурацией системы учета и контроля ядерных материалов ГНЦ РФ-ФЭИ.

В соответствии с Планом долгосрочного обеспечения работоспособности усовершенствованных систем учёта и контроля ядерных материалов в организациях Госкорпорации «Росатом» (План ДОР), введенным в действие приказом Госкорпорации «Росатом» от 09.09.2009 № 779 в ГНЦ РФ-ФЭИ разработано и введено в действие «Руководство по управлению конфигурацией системы учёта и контроля ядерных материалов» (далее Руководство) с учетом опыта работ с Брукхевенской национальной лабораторией (далее – БНЛ). Проведено обучение руководителей ЗБМ и их заместителей по данному руководству.

2.1. Компоненты конфигурации СУиК ЯМ в ГНЦ РФ-ФЭИ

Для описания конфигурации СУиК ЯМ ГНЦ РФ-ФЭИ были определены 12 компонент СУиК ЯМ уровня ЗБМ и 9 компонент СУиК ЯМ уровня ГНЦ РФ-ФЭИ.

Если через **К(i)**, где **i** – это номер ЗБМ, обозначить компоненту УиК ЯМ в **i**-ой ЗБМ, а через **Кo** – компоненту СУиК ЯМ уровня ГНЦ РФ-ФЭИ, то совокупность компонентов, определяющих конфигурацию СУиК ЯМ ГНЦ РФ-ФЭИ будет представлена следующим образом:

Компоненты УиК ЯМ ЗБМ.

К(i).1 – Описание границ ЗБМ (расположение ЗБМ на территории ГНЦ РФ-ФЭИ, границы и структура ЗБМ).

К(i).2 – Категории и виды ядерных материалов, их формы (учетные единицы или балкформа), химические (соли, оксиды и т.п.) и физические (порошок, раствор, таблетки, и т. п.) формы ЯМ, находящихся в ЗБМ.

К(i).3 - схемы или описания перемещений ЯМ внутри ЗБМ, передач ЯМ в ЗБМ и из ЗБМ с указанием ключевых точек измерений

К(i).4 - Технологические операции с ЯМ в ЗБМ

К(i).5 - Перечень КТИ в ЗБМ с указанием их назначения;

К(i).6 - Места образования возможных потерь ЯМ в ЗБМ

К(i).7 – Ведение документов и компьютерная система учета ЯМ в ЗБМ

К(i).8 - Измерения для УиК ЯМ в ЗБМ

К(i).9 –Пломбы, применяемые в ЗБМ

К(i).10 – Системы видеонаблюдения и другие средства контроля доступа в ЗБМ

К(i).11 – Процедуры ФИ и подведения материального баланса, значение МБП в ЗБМ

К(i).12 - Оперативно-технический учет в ЗБМ

Компоненты СУиК ЯМ ГНЦ РФ-ФЭИ.

Кo.1 – Маршруты перемещени ЯМ между ЗБМ

Кo.2 - Процедуры передачи ЯМ между ЗБМ

Кo.3 - Программа применения УИВ в СУиК ЯМ ГНЦ РФ-ФЭИ

Кo.4 -Подсистема измерений в СУиК ЯМ ГНЦ РФ-ФЭИ

Кo.5 - Ведение документов по УиК ЯМ ГНЦ РФ-ФЭИ

Кo.6 - Контроль состояния учета и контроля ядерных материалов

Кo.7 - Подготовка и допуск персонала

Кo.8 - Организация и управление СУиК ЯМ

Кo.9 - Нормативное правовое обеспечение УиК ЯМ

2.2. Изменения в конфигурации СУиК ЯМ

В 2012 году ГНЦ РФ-ФЭИ разработал отчет об изменениях в конфигурации системы УиК ЯМ уровня ГНЦ РФ-ФЭИ и ЗБМ, которые произошли за последние 5 лет и которые можно ожидать в будущем, и проанализировал собранную информацию на предмет определения категорий изменений (раздел 2.8 «Руководства»). На основе этого были подготовлены таблицы возможных изменений конфигурации и определены категории, к которым относятся данные изменения.

Документы по конфигурации СУиК ЯМ условно разделены на два уровня: документы уровня ГНЦ РФ-ФЭИ – общие для всех ЗБМ и документы уровня ЗБМ – документы с учетом особенностей конкретных ЗБМ:

- в 2013 году проведено обоснование каждого документа с учетом описания всех компонент конфигурации и в соответствии с требованиями Постановления Правительства РФ от 06.05.2008 №352 и во исполнение требований Основных правил учёта и контроля ЯМ НП-030-12;

- приведены документы и их состояние по трем ЗБМ ОПСХП (ЦПХ, ПХ, ХОЯТ), ЗБМ БФС и ЭК ЯБ;

- разработаны «Единые форматы для документов по контролю конфигурации системы УиК ЯМ в ЗБМ », которые будут использованы во всех ЗБМ ГНЦ РФ-ФЭИ.

Эти нормативные документы потребовали введения изменений в форматы и содержание основных нормативных документов уровня ГНЦ РФ-ФЭИ и уровня ЗБМ:

- Положение по учету и контролю ядерных материалов в ГНЦ РФ-ФЭИ.

- Инструкция по проведению физических инвентаризаций ядерных материалов в ЗБМ ГНЦ РФ-ФЭИ.

- Программа контроля качества измерений при операциях с ядерными материалами. Основные положения.

- Инструкция по учету и контролю ЯМ в ЗБМ.

- Программа измерений ядерных материалов в ЗБМ.

Для сокращения количества изменений в документах, которые необходимо вносить в связи с изменениями в документах более высокого уровня, документы уровня ЗБМ содержат ссылки на документы более высокого уровня, а не цитируют требования этих документов.

В новое Положение по учету и контролю ядерных материалов ГНЦ РФ-ФЭИ был внесен перечень основных нормативных и правовых документов в области УиК ЯМ, действующих в ГНЦ РФ-ФЭИ. Данный перечень нормативных документов ежегодно обновляется.

Во всех ЗБМ отчетная документация хранится на персональных компьютерах в виде Excel-файлов и на бумажных носителях.

В ЗБМ (БФС) создана распределенная компьютерная система по учету и контролю ЯМ с базой данных собственной разработки. В этой системе реализованы функции учета ЯМ, расчета объема выборки подтверждающих измерений при проведении ФИ, генерация самой выборки, а также формирования картограмм мест размещения ЯМ. В настоящее время указанная компьютерная система работает в режиме опытной эксплуатации.

По сотрудничеству с Объединенным исследовательским центром Евратома (Испра) и посредничестве ВНИИА (г. Москва) в ГНЦ РФ-ФЭИ поступило от ЗАО ИПК «Страж» 7 типов пломб, удовлетворяющих национальным стандартам, и оборудование для их установки и проверки на общую сумму около 2,1 млн. руб.

**Изменения в конфигурации СУиК ЯМ уровня ЗБМ
(2007-2011) и возможные изменения в будущем**

ЗБМ	Изменения конфигурации	Категория изменения
ЭЖ ЯБ	<p>1. С 2009г. проводился демонтаж оборудования стенда РФГС с не извлекаемыми отложениями уранил нитрата</p> <p>2. С 2010г. назначен новый руководитель ЗБМ</p> <p>3. Назначен новый ответственный за электронную информацию (с 2007г.)</p> <p>4. Разработаны и аттестованы 3 методики:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Методика измерения массы плутония в контейнере с диоксидом плутония с использованием счетчика нейтронных совпадений АWCC и программы INCC. Плутоний и его соединения. Инструкция от 16.12.2010г. - Методика измерения массы урана-235 в контейнере с диоксидом урана с использованием счетчика нейтронных совпадений АWCC и программы INCC. Уран и его соединения. Инструкция от 16.12.2010г. - Методика выполнения измерений массовой доли изотопов урана-235 в уране с использованием гамма-спектрометра высокого разрешения и программы FRAM. Уран и его соединения. Инструкция от 17.06.2010г. - Получено свидетельство об утверждении типа средств измерений «Гамма-спектрометры многоканальные для измерения рентгеновского и гамма-излучения Canberra» 	<p align="center">Важные</p> <p>Стандартное Стандартное Значительные</p> <p align="right">Незначительное</p>
ЦПХ	<p>1. Уменьшение количества КТИ с 5-ти до 2-х.</p> <p>2. Приобретена новая измерительная аппаратура:</p> <ul style="list-style-type: none"> - переносная спектрометрическая система СКС-50М-Г35м, включая программы обработки гамма спектров «Fus-mat» и «Gamma-Pro», справочно-информационная программа «Нуклиотека» у фирмы ООО «предприятия «Грин Стар Технолоджиз»; - спектрометрический комплекс СКС-08П-Г49 «Kolibri», включая детектор CdZnTe, программу по определению обогащения урана и идентификации плутония, справочно-информационную программу «Нуклиотека», у фирмы ООО НИПП и «Грин Стар Инструментс»; - электронные весы ПВм-3/30 у фирмы «БИОМЕРА» <p>3. Новая аппаратура установлена во вновь образуемой КТИ №2 и проходит тестирование, предполагается ввести ее в эксплуатацию в 2012г.</p> <p>4. Выпущена новая редакция «Программы измерений ЯМ в ЗБМ»</p>	<p align="right">Незначительные Значительные</p> <p align="right">Значительное</p> <p align="right">Стандартное</p>
ПХ	<p>1. Установлена коллективная (бригадная) ответственность материально-ответственных лиц (для всех трех ЗБМ ОПХСП).</p> <p>2. Уменьшение количество КТИ с 5-ти до 2-х.</p> <p>3. Выпущена новая редакция «Программы измерений ЯМ в ЗБМ»</p>	<p align="right">Незначительные по п. 1,2,3</p>
ХОЯТ	<p>1. Выпущена новая редакция «Программы измерений ЯМ в ЗБМ»</p>	<p align="right">Незначительное</p>
БФС	<p>1. В начале 2011г. произведена замена анализаторов AMSR-150 на JSR-14 в составе АWCC.</p> <p>2. Получены и внедрены считыватели матричных кодов.</p> <p>3. На все диски ЯМ нанесены матричные коды.</p> <p>4. В 2011г. введен новый сервер для автоматизированной системы УиК ЯМ.</p> <p>На 2012-2014 годы запланировано провести следующие работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Осуществить автоматизированное считывание кодов с контейнеров (топливных стержней критсборок стендов БФС) и матричных кодов с блоков ЯМ и ввода их в базу данных компьютерной системы учета. 2. Внедрить компьютеризованную программу учета пломб в ЗБМ ГНЦ РФ-ФЭИ. 3. Оценить стоимость и изготовить 7000-10000 пробок-замков для пломбирования ТВС активной зоны и зоны воспроизводства. 4. Для целей УиК ввести специализированную телевизионную систему наблюдения за работой персонала с ЯМ. 	<p align="right">Незначительное Незначительное Значительное Значительное</p> <p align="right">Значительные по 4-ем пунктам</p>

3. Проверка работоспособности элементов системы контроля и учета ядерных материалов в основных зонах баланса материалов ГНЦ РФ-ФЭИ

Большую методическую помощь в организации проведения контроля ЯМ в ЗБМ ГНЦ РФ-ФЭИ оказали работы по договору «Проверка работоспособности элементов системы контроля и учета ядерных материалов в основных зонах баланса материалов ГНЦ РФ-ФЭИ», заключенному с БНЛ.

В соответствии с техническим заданием договора были разработаны типовые процедуры проверки работоспособности элементов СУиК ЯМ в зонах баланса ядерных материалов (ЗБМ).

На предыдущих этапах были разработаны и продемонстрированы американской представительной группе процедуры тестирования работоспособности отдельных элементов СУиК ЯМ (подсистем) в нескольких ЗБМ (ЗБМ БФС, ЗБМ ХОЯТ, ЗБМ ЭК ЯБ), сделаны выводы по результатам демонстрации и составлены листы контрольных вопросов:

- подсистемы представления отчётности о ядерных материалах,
- информационной подсистемы УиК ЯМ,
- подсистемы передач ЯМ в ЗБМ отправителя и получателя,
- подсистемы подведения баланса ЯМ и проведения физических инвентаризаций ЯМ в ЗБМ,
- подсистемы контроля доступа к ЯМ в ЗБМ,
- взаимодействия двух подсистем СУиК ЯМ: информационной (компьютерного учета) и физической инвентаризации, подведения баланса ЯМ и оценки инвентаризационной разницы,
- взаимодействия двух подсистем СУиК ЯМ: применения пломб и определения соответствия данных отправителя и получателя.

Был разработан шаблон Акта, составляемого по результатам проверки, приведены основные этапы проверки работоспособности элементов системы контроля и учета ядерных материалов в ЗБМ ГНЦ РФ-ФЭИ, приведены списки проверяемых документов по УиК ЯМ ЗБМ, проанализированы контрольные листы по результатам тестирования работоспособности элементов системы контроля и учета ядерных материалов в ЗБМ и описаны основные результаты демонстрации по разработанным процедурам проверки работоспособности элементов системы контроля и учета ядерных материалов БФС и ЭК ЯБ. Эти процедуры должны использоваться эксплуатационным персоналом ЗБМ для самоконтроля и демонстрации состояния работоспособности при проверках внешними комиссиями.

4. Порядок ведения учетной и отчетной документации

В ГНЦ РФ-ФЭИ ведется централизованный учет ЯМ по ЗБМ и зоне отчетности (далее – ЗО). Учет осуществляет БСУ ОПХСП. Определен порядок ведения учетных и отчетных документов. Данные из требований и актов о перемещаемых и перерабатываемых материалах вводятся в сводный электронный файл данных.

Приказом генерального директора ГНЦ РФ-ФЭИ определены система отчётности по ЯМ и сроки представления отчётов. Сводные отчеты от ГНЦ РФ-ФЭИ подготавливаются БСУ ОПХСП и формируются на основании отчетов зон баланса. Регламентный отчет по форме СНК ЗБМ представляет в БСУ в срок не позднее 3-х рабочих дней после окончания отчётного года. Регламентный отчет по форме ОИК представляется в срок не позднее первого рабочего дня месяца, следующего за отчётным кварталом.

От ЗБМ в БСУ ОПХСП представляются электронные и бумажные квартальные отчеты по форме ОИК, годовой СНК, годовой СФНК. Копия Актов ФИ предоставляется в КМБ ОЯБ. Электронные данные из ЗБМ представляются в БСУ в виде Excel-файла согласно «Инструкции по подготовке отчетных данных по формам СНК и ОИК в электронном виде». После этого, для каждой ЗБМ работники БСУ формируют электронные файлы в нужном для ФИС формате, позволяющем сделать сводный по ФЭИ отчет.

Департаментом ядерных материалов Госкорпорации «Росатом» для ГНЦ РФ-ФЭИ согласована и зарегистрирована единая зона отчетности и утверждены формы отчетности с отчетным периодом: СНК ЗО – ежегодно. ОИК ЗО – ежеквартально.

ГНЦ РФ-ФЭИ направляет отчетные документы СНК ЗО и ОИК ЗО на регулярной, заранее согласованной основе, в Госкорпорацию «Росатом», в информационно-аналитический центр федеральной автоматизированной системы учета и контроля ЯМ (ИАЦ ФИС) в двух формах - на бумажном носителе и в электронном виде в формате обменного файла. Регламентный отчет по форме СНК ЗО представляется в срок до 1 марта года, следующего за отчетным годом. Регламентный отчет по форме ОИК ЗО представляется ежеквартально не позднее 10 рабочих дней после окончания отчетного квартала.

5. Контроль функционирования СУиК ЯМ ГНЦ РФ-ФЭИ

Административный контроль СУиК ЯМ осуществляется на уровнях ГНЦ РФ-ФЭИ и ЗБМ и проводится по утвержденным инструкциям, методикам, положениям в соответствии с п. 99 правил НП-030-12.

Административный контроль состояния учета и контроля на уровне ГНЦ РФ-ФЭИ осуществляет КМБ ОЯБ в соответствии с «Методическими рекомендациями по проведению объектового контроля (самооценки) состояния учета и контроля ядерных материалов в зонах баланса материалов в ГНЦ РФ-ФЭИ». План проверок ЗБМ составляется на год и утверждается заместителем генерального директора – главным инженером ГНЦ РФ-ФЭИ. По результатам проверок состояния и учета и контроля ЯМ в ЗБМ составляются акты, в которых указываются обнаруженные недостатки, нарушения в УиК ЯМ, сроки и рекомендации по их устранению. Акт утверждает руководитель службы УиК ЯМ ГНЦ РФ-ФЭИ. Руководитель ЗБМ должен представить в КМБ служебную записку о результатах выполнения замечаний, указанных в акте.

Административный контроль состояния учета и контроля на уровне ЗБМ проводится при подготовке к плановым инвентаризациям руководителем ЗБМ, но не реже одного раза в квартал. Результаты административных проверок ЗБМ регистрируются в журнале административных проверок ЗБМ.

Все отмеченные в ходе проверки нарушения и недостатки должны быть отражены в Акте по результатам ФИ с указанием сроков по их устранению. Копия Акта передается в КМБ для последующего контроля устранения нарушений, отмеченных в акте.

6. Результаты инспекций и проверок, проведенных в ГНЦ РФ-ФЭИ представителями Ростехнадзора и Госкорпорации «Росатом».

По результатам инспекций и проверок, проведенных в ГНЦ РФ-ФЭИ представителями Ростехнадзора и Госкорпорации «Росатом» КМБ ОЯБ осуществляет:

– ежеквартальный контроль замечаний комиссий и инспекторов Ростехнадзора по УиК ЯМ в ГНЦ РФ-ФЭИ и посылает Предписания по замечаниям со сроком их выполнения в Госкорпорацию «Росатом»;

- разрабатывает план мероприятий по устранению недостатков, отмеченных в Акте комиссии Госкорпорации «Росатом» по результатам проверки состояния учёта и контроля ядерных материалов в ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ», контролирует и ежеквартально до 15 числа следующего месяца посылает справки в «Росатом» о результатах его выполнения;
- в соответствии с «Методическими рекомендациями по порядку формирования и представления информации о состоянии системы государственного учета и контроля ядерных материалов на уровне организации, осуществляющей обращение ядерных материалов», ежегодно представляет информационно-аналитическую справку по ГНЦ РФ-ФЭИ в Госкорпорацию «Росатом».

7. Подготовка персонала к работам по УиК ЯМ в ГНЦ РФ-ФЭИ.

Подготовка специалистов осуществляется в ОТО ГНЦ РФ ФЭИ и/или УМЦУК на курсах по УиК ЯМ. Подготовка рабочих и лаборантов, выполняющих отдельные процедуры УиК ЯМ, осуществляется путем инструктажей, проводимых специалистами в соответствии с инструкциями на выполнение данных процедур, оформленных отдельным документом или в виде разделов/подразделов инструкции по УиК ЯМ в данной ЗБМ.

Подготовка и проверка знаний правил ведения УиК ЯМ работников осуществляются в объеме, необходимом для выполнения ими должностных обязанностей в части УиК ЯМ, установленных должностными инструкциями и положениями о подразделениях ГНЦ РФ-ФЭИ.

Заключение

В результате выполнения работниками службы УиК ЯМ своих функциональных обязанностей повысилась культура УиК ЯМ на уровнях ЗБМ и ГНЦ РФ-ФЭИ в целом. В ЗБМ ГНЦ РФ-ФЭИ оперативно разрабатывается необходимая нормативная документация уровней ГНЦ РФ-ФЭИ и ЗБМ, проводятся измерения в ЗБМ, проводится разъяснительная работа по оформлению учетной и отчетной документации, собирается информация о состоянии УиК ЯМ во всех ЗБМ ГНЦ РФ-ФЭИ, своевременно проводится обучение и проверка знаний работников, занятых в УиК ЯМ ГНЦ РФ-ФЭИ.

Эти преобразования и мероприятия обеспечили СУиК ЯМ ГНЦ РФ-ФЭИ необходимый уровень качества и надежности, а также долгосрочное функционирование в будущем.

Arrangement of the State Nuclear Materials Control and Accounting and Application of IAEA Safeguards in the JSC “International Uranium Enrichment Center”

A.D. Panasyuk– *JSC «IUEC»*, **E.G. Pikhtin** – *JSC "Angarsk Electrolysis Chemical Complex" ("AEChC"), Angarsk, Russia*

The primary objective of JSC “International Uranium Enrichment Center” (JSC «IUEC») is provision of an assured access to separation and sublimation facilities of the Russian enrichment enterprises for the most part by the Center member institutions with an aim to render services on uranium enrichment for the needs of nuclear power engineering.

Another self-sufficient objective of JSC «IUEC» is storage and maintenance of the IAEA Fuel Bank (security stocks) – the stock of low-enriched uranium (LEU) to ensure shipments to other countries upon the request of the IAEA Director General.

Within the framework of the «Agreement of February 21 1985 between the Union of Soviet Socialist Republics and the International Atomic Energy Agency for the Application of Safeguards in the Union of Soviet Socialist Republics" (INFCIRC/327) the IAEA safeguards are applied to all nuclear material located within the JSC «IUEC» storage area.

Meeting the commitments of the Russian Federation on the above Agreement the JSC «IUEC» establishes all necessary conditions for IAEA inspections.

Consideration should be given to unique “JSC «IUEC» computerized MC&A system” that meets the reporting requirements both of the Federal Information System (FIS) and the IAEA was developed and put into operation for the purposes of nuclear materials control and accounting.

ОРГАНИЗАЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧЕТА И
КОНТРОЛЯ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПРИМЕНЕНИЕ
ГАРАНТИЙ МАГАТЭ В ОАО «МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР ПО
ОБОГАЩЕНИЮ УРАНА»

Панасюк А.Д. (ОАО «МЦОУ»), Пихтин Е.Г. (ОАО «АЭЖК»)

История создания ОАО «МЦОУ»

ОАО «Международный центр по обогащению урана» (далее ОАО «МЦОУ») создано в рамках реализации инициативы Президента Российской Федерации, озвученной в Санкт-Петербурге на Саммите ЕврАзЭС 25 января 2006 г.

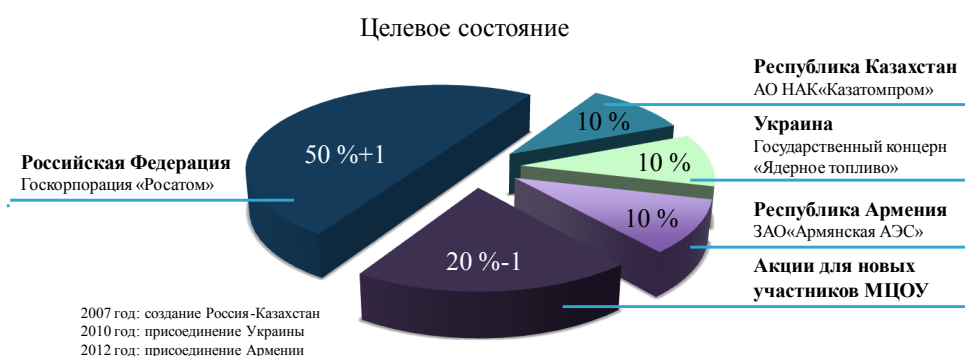
«Необходимо создать прообраз такой глобальной инфраструктуры, которая позволит обеспечить равный доступ всех заинтересованных сторон к атомной энергии... Ключевым элементом такой инфраструктуры должно стать создание системы международных центров по предоставлению услуг ядерного топливного цикла, включая обогащение, под контролем МАГАТЭ».

10 мая 2006 года в Астане (Республика Казахстан) было подписано Соглашение между Правительством РФ и Правительством Республики Казахстан о создании «Международного центра по обогащению урана».

Центр зарегистрирован как юридическое лицо в городе Ангарске. Имеет офис в Ангарске и филиал в Москве. Складские площадки, на которых хранится ядерный материал ОАО «МЦОУ», размещаются внутри периметра ОАО «Ангарский электролизный химический комбинат».

В настоящее время акционерами ОАО «МЦОУ» являются: Российская Федерация (ГК «Росатом»), Республика Казахстан (АО НАК «Казатомпром»), Украина (Государственный концерн «Ядерное топливо»), Республика Армения (ЗАО «Армянская атомная электростанция»).

Корпоративная структура



Основной задачей ОАО «МЦОУ» является обеспечение гарантированного доступа к разделительным и сублиматным мощностям российских предприятий преимущественно (но не исключительно) организациям-участницам Центра с целью предоставления услуг по обогащению урана для нужд атомной энергетики.

Другой самостоятельной задачей ОАО «МЦОУ» является хранение и обслуживание «Банка топлива МАГАТЭ» или, как его еще называют «гарантийного запаса» – запаса низкообогащенного урана для гарантированного обеспечения поставок в другие страны-члены МАГАТЭ по запросу Генерального директора Агентства.

Поддержав инициативу Генерального директора МАГАТЭ, 29 марта 2010 года Российская Федерация заключила «Соглашение между Международным агентством по атомной энергии и Правительством РФ о создании на территории Российской Федерации физического запаса низкообогащенного урана и поставках низкообогащенного урана из него Международному агентству по атомной энергии для его государств-членов».

В это же день (29 марта 2010 года) был подписан «Контракт между МАГАТЭ и ОАО «МЦОУ» (уполномоченное Правительством Российской Федерации на подписание этого контракта), о поставке партии ядерного материала гарантийного запаса по запросу Генерального директора МАГАТЭ в указанную им страну».

Выполняя это Соглашение, на закрытом складе ОАО «МЦОУ» был размещен физический запас низкообогащенного урана в количестве 120 тонн в форме гексафторида урана (UF_6) со степенью обогащения от 2% до 4,95%.



Таким образом, ОАО «МЦОУ» имеет в обращении два вида ядерного материала:

- ядерный материал гарантийного запаса для МАГАТЭ, который может быть использован только для целей Соглашения о его создании, и не может быть использован (хотя бы временно) для любых коммерческих целей;

- коммерческий ядерный материал, предназначенный для поставок в страны-акционеры ОАО «МЦОУ» для развития ядерной энергетики этих стран.

Применение гарантий МАГАТЭ

Поскольку ОАО «МЦОУ» является международным центром, его деятельность должна быть прозрачной для мирового сообщества. Для достижения этой цели оба межправительственных Соглашения (о создании ОАО «МЦОУ» и о создании гарантийного запаса для МАГАТЭ), упомянутые выше, содержат соответствующие статьи о необходимости применения гарантий МАГАТЭ к ядерным материалам, размещенным на складских площадках ОАО «МЦОУ».

В соответствии с существующей процедурой, Правительство Российской Федерации выпустило «Постановление о включении ОАО «МЦОУ» в список предприятий ядерного топливного цикла, в отношении которых возможно применение гарантий МАГАТЭ». В свою очередь, Агентство выбрало эту установку из предложенного списка для применения гарантий МАГАТЭ.

Таким образом, гарантии МАГАТЭ применяются ко всему ядерному материалу, размещенному на складских площадках ОАО «МЦОУ» по «Соглашению от 21 февраля 1985 года между Союзом Советских Социалистических Республик и Международным агентством по атомной энергии о применении гарантий в Союзе Советских Социалистических Республик», (INFCIRC/327).

В настоящее время ОАО «МЦОУ» - единственная установка в Российской Федерации, стоящая под гарантиями МАГАТЭ.

Система учета и контроля ядерных материалов

Выполняя обязательства Российской Федерации по вышеупомянутому Соглашению, ОАО «МЦОУ» создает все необходимые условия для применения гарантий при проведении инспекций МАГАТЭ.

Так, например, Соглашение о применении гарантий, (INFCIRC/327) требует:

«...**Статья 7**

а) Советский Союз ведет систему учета и контроля за всем ядерным материалом, находящимся под гарантиями в соответствии с настоящим Соглашением.

б) Агентство применяет гарантии в соответствии с положениями настоящего Соглашения таким образом, чтобы иметь возможность проверять данные системы учета и контроля Советского Союза для того, чтобы удостовериться, что не имело места какое-либо изъятие ядерного материала из установок, пока такой материал находится под гарантиями в соответствии с настоящим Соглашением, за исключением тех случаев, которые предусмотрены настоящим Соглашением. Проверка Агентства включает, среди прочего, независимые измерения и наблюдения, проводимые Агентством в соответствии с процедурами, изложенными в [части II](#). При проведении проверки

Агентство учитывает надлежащим образом техническую эффективность системы учета и контроля Советского Союза...».

Для обеспечения выполнения этих условий была разработана и внедрена уникальная «Компьютеризированная система учета и контроля ЯМ ОАО «МЦОУ» (СУиК ЯМ ОАО «МЦОУ»)). Уникальность этой системы заключается в том, что после ввода в нее данных, система способна генерировать отчетную документацию в двух форматах:

- в форматах для направления отчетов в Федеральную информационную систему (ФИС);
- в форматах для направления отчетов в МАГАТЭ.

Кроме того, СУиК ЯМ ОАО «МЦОУ» имеет свою собственную систему контроля качества выпускаемых отчетов и их долговременное хранение. В систему заложена функция графического отображения учетных единиц на территории складских площадок с выдачей распечатанной карты расположения емкостей с ядерным материалом. Имеется возможность долгосрочного хранения результатов подтверждающих измерений атрибутов ядерного материала для последующего анализа этих результатов и их статистической обработки.

Система полностью независима. Инспектора МАГАТЭ имеют доступ к данным системы и, осуществляя свою деятельность по проверке, имеют возможность полностью использовать СУиК ЯМ ОАО «МЦОУ». Отсюда становится ясно, почему изначально нельзя было использовать уже функционирующую СУиК ЯМ ОАО «АЭХК». С одной стороны при использовании системы ОАО «АЭХК» не исключалась возможность утечки закрытой информации, не относящейся к деятельности ОАО «МЦОУ». С другой стороны, в системе ОАО «АЭХК» нет возможности генерировать и хранить отчетную документацию, удовлетворяющую требованиям МАГАТЭ, т.е. такую функцию для системы комбината пришлось бы разрабатывать вновь.

Обращение с ядерными материалами

ОАО «МЦОУ» производит обращение с ЯМ при их хранении в соответствии с условиями действия лицензии Ростехнадзора.

В Федеральной информационной системе учета и контроля ядерных материалов ОАО «МЦОУ» зарегистрировано двумя зонами отчетности.

В настоящее время в ОАО «МЦОУ» используются урансодержащие ЯМ категории 4 с содержанием урана-235 не более 5,0 % масс.:

- уран с содержанием изотопа урана-235 менее 0,71% масс.;
- уран с природным содержанием изотопа урана-235;
- уран с обогащением по изотопу урана-235 до 5,0 % масс.;

- уран-235.

Возможные химические формы – гексафторид урана (ГФУ) и закись-окись урана.

Важно отметить, что весь поток ядерных материалов физически проходит через зоны баланса материалов ОАО «МЦОУ», т.е. через складские площадки ОАО «МЦОУ, для контроля ЯМ и обеспечения возможности независимой проверки этого ЯМ инспекторами МАГАТЭ.

Зоны баланса ядерного материала ОАО «МЦОУ»

Для обеспечения учета и контроля ядерных материалов в ОАО «МЦОУ» организованы две зоны баланса материалов (ЗБМ) – для гарантийного запаса ЗБМ ZG-1 и коммерческих ядерных материалов ЗБМ ZG-2.

Следует отметить, что в соответствии с требованиями российских федеральных норм и правил для складских площадок установки ОАО «МЦОУ» было бы достаточно создать одну ЗБМ. Однако, как отмечалось выше, учитывая тот факт, что на складе ОАО «МЦОУ» хранятся два вида ядерного материала – гарантийный запас для МАГАТЭ и коммерческий ЯМ, принадлежащий ОАО «МЦОУ», по просьбе МАГАТЭ, было решено организовать две ЗБМ. Дело в том, что при закрытии материального баланса «Материально балансовый отчет» показывает только общий поток ЯМ в/из ЗБМ за материально балансный период и общее наличное количество ЯМ, имеющееся в ЗБМ на момент закрытия баланса. В нашем случае, для МАГАТЭ было бы невозможно разделить потоки из гарантийного запаса и коммерческих партий ЯМ, чтобы сделать заключение, которое отражается в «Ежегодном докладе МАГАТЭ о применении гарантий», что гарантийный запас хранится в целостности и ни разу не был использован не по назначению. Создание двух ЗБМ в случае ОАО «МЦОУ» не противоречит российским нормам и правилам и может рассматриваться как решение политической задачи.

Зоны баланса материалов ОАО «МЦОУ» зарегистрированы в Росатоме и в МАГАТЭ в порядке, установленном в этих организациях.

ZG-1: хранилище гарантийного запаса МАГАТЭ;

ZG-2: хранилище коммерческого материала.

ЗБМ ZG-1 представляет собой площадку в закрытом складе под хранение низкообогащенного ГФУ гарантийного запаса, организованную в части здания 15.

ЗБМ ZG-2 представляет собой площадку в закрытом складе под хранение низкообогащенного ГФУ коммерческого запаса, организованную в части здания 15 и площадку на открытом складе под хранение закиси-оксида урана, природного и обедненного ГФУ, организованную на прилегающей к зданию 15 территории.

Схема потоков ЯМ в ЗБМ ZG-1 и ZG-2 ОАО «МЦОУ», с указанием ключевых точек измерений приведена на Рисунке 1.

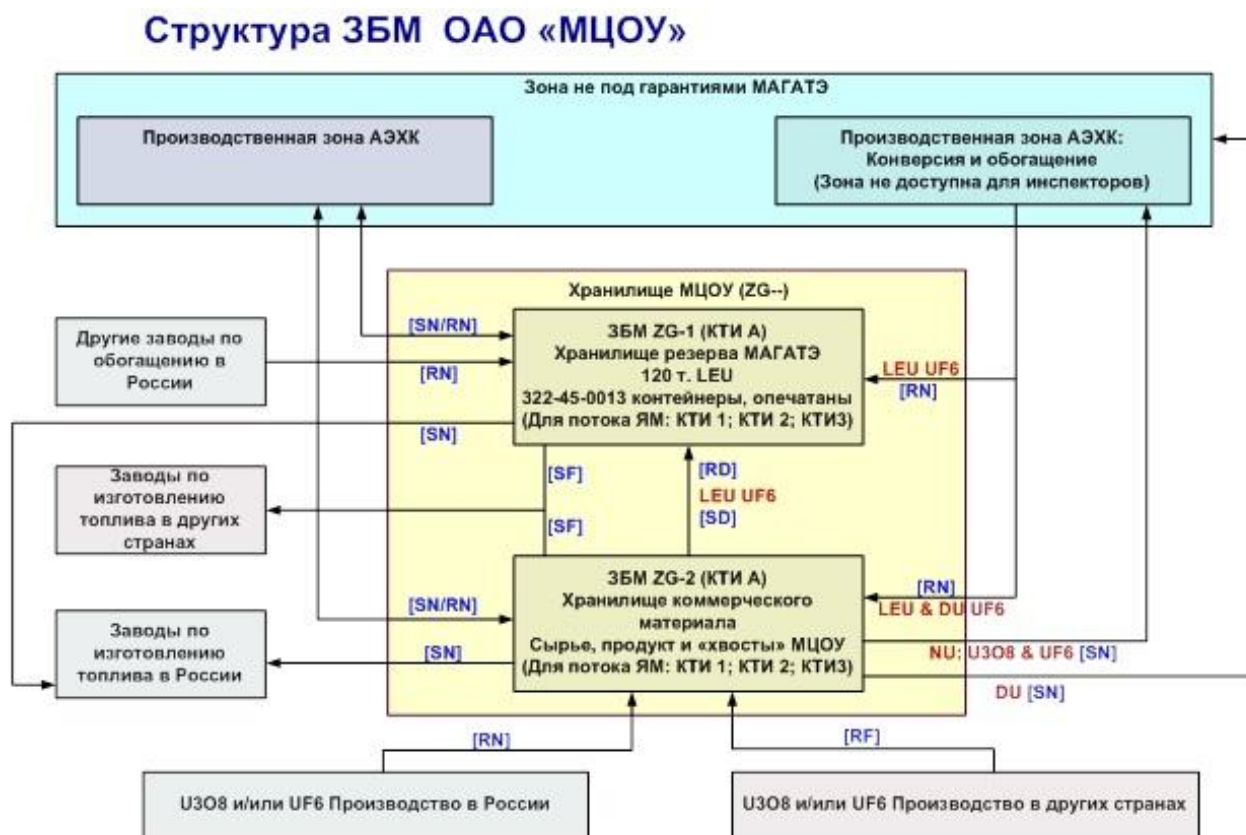


Рисунок 1.

Ключевые точки измерения (КТИ)

ЗБМ ZG-1 (см. Рисунок 1):

КТИ А (Inventory) - Фактически наличное количество ЯМ (гарантийного запаса) в ЗБМ ZG-1 при проведении физической инвентаризации ЯМ;

[RN] (Receipt from a MBA not a subject to Safeguards) - (КТИ 1) Получение ЯМ из ЗБМ не стоящей под гарантиями МАГАТЭ;

[SN] (Shipment from a MBA not a subject to Safeguards) – Отправки в ЗБМ не стоящей под гарантиями МАГАТЭ из ЗБМ ZG-1 ;

[RD] (Receipt Domestic) – (КТИ 1) Получение ЯМ из ЗБМ внутри страны, т.е получение ЯМ из российской ЗБМ не стоящей под гарантиями МАГАТЭ в ЗБМ ZG-1;

[SF] (Shipment Foreign) – (КТИ 2) Отправки ЯМ из ЗБМ ZG-1 за границу;

LEU UF6 (Low Enriched Uranium in the form of UF6) - Низкообогащенный уран в форме гексафторида урана;

КТИ-3 (Rebatching) – Переформирование партии ЯМ в результате отбора проб ЯМ из контейнеров с ЯМ типа 1м^3 для целей гарантий МАГАТЭ или при отправке партии гарантийного запаса ЯМ по запросу МАГАТЭ при переливе ЯМ (с отбором технологических проб) из контейнеров 1м^3 в международные контейнеры типа 30В.

ЗБМ ZG-2 (см. Рисунок 1):

КТИ А (Inventory) - Фактически наличное количество коммерческого ЯМ в ЗБМ ZG-2 при проведении физической инвентаризации ЯМ;

[RN] (LEU & DU UF6) - (КТИ 1) Получение ЯМ из ЗБМ не стоящей под гарантиями МАГАТЭ;

[SN] (Shipment from a MBA not a subject to Safeguards) – Отправки из ЗБМ не стоящей под гарантиями МАГАТЭ в ЗБМ ZG-2;

[RD] (Receipt Domestic) – **(КТИ 1)** Получение ЯМ из ЗБМ внутри страны, т.е. получение ЯМ из российской ЗБМ не стоящей под гарантиями МАГАТЭ;

[SF] (Shipment Foreign) – **(КТИ 2)** Отправки ЯМ из ЗБМ ZG-2 за границу;

КТИ-3 (Rebatching) – Переформирование партии ЯМ в результате отбора проб ЯМ из контейнеров с ЯМ типа 1м^3 для целей гарантий МАГАТЭ или при отправке партии ЯМ при переливе ЯМ (с отбором технологических проб) из контейнеров 1м^3 (если он хранился в контейнерах 1м^3) в международные контейнеры типа 30В;

LEU UF6 (Low Enriched Uranium in the form of UF6) - Низкообогащенный уран в форме гексафторида урана;

DU UF6 (Depleted Uranium in the form of UF6) – Обедненный уран в форме гексафторида урана;

U3O8 – **(КТИ 1)** Закись окись урана в форме порошка (исходный материал).

Персонал ОАО «МЦОУ», ответственный за учет, контроль и гарантии МАГАТЭ

Лицом, ответственным за организацию и функционирование системы УиК ЯМ ОАО "МЦОУ" является, назначаемый приказом генерального директора ОАО "МЦОУ", главный инженер.

Административным руководителем зон баланса материалов ОАО «МЦОУ» является главный инженер ОАО "МЦОУ".

Административный руководитель ЗБМ ОАО «МЦОУ» назначается приказом генерального директора ОАО "МЦОУ".

Главный специалист по учету и контролю ОАО "МЦОУ" отвечает за:

- организацию учета и контроля ядерных материалов в ЗБМ;
- разработку и введение нормативной документации по УиК ЯМ;
- организацию и функционирование системы измерений и системы применения пломб к ЯМ;
- организацию и осуществление проверок и физических инвентаризаций ЯМ;
- выполнение отчетности в рамках СГУиК ЯМ;
- взаимодействие с надзорными органами, направление предварительных уведомлений и подтверждений о получении ЯМ.

Главный специалист по гарантиям МАГАТЭ является контактным лицом с Департаментом гарантий МАГАТЭ и отвечает за:

- проведение ежегодных физических инвентаризаций ядерного материала (PII) на складских площадках ОАО «МЦОУ», являясь председателем «Рабочей инвентаризационной комиссии» (РИК);
- заполнение и выпуск «Вопросника информации о конструкции установки» (DIQ), подготовку «Приложения по установке» (Facility Attachment), разработку совместно с МАГАТЭ «Подхода по применению гарантий на ОАО «МЦОУ» (Safeguard Approach) и других документов, требующих согласования сторон;
- разработку и тестирование системы учета и контроля ядерных материалов ОАО «МЦОУ», выпуске документации для проведения физической инвентаризации, выпуске отчетной и другой документации для МАГАТЭ.
- разработку процедур, предложений и технических решений по проведению инспекций МАГАТЭ, согласование предложений с ГК «Росатом», ОАО «АЭХК» и МАГАТЭ;
- разработку и выпуск нормативной документации, необходимой для осуществления гарантий МАГАТЭ на складах ядерного материала ОАО «МЦОУ».

В зонах баланса материалов ОАО «МЦОУ» назначены материально-ответственные лица за ядерные материалы, обеспечение учета, контроля и сохранности ядерных материалов.

Нормативные документы

В ОАО «МЦОУ» разработаны нормативные документы, устанавливающие порядок осуществления учета и контроля ядерных материалов в соответствии с требованиями российских федеральных норм и правил, руководящих документов МАГАТЭ, обеспечивающие выполнение обязательств Российской Федерации в рамках Соглашения о применении гарантий МАГАТЭ (INFCIRC/327):

- положение по учету и контролю ЯМ в ОАО «МЦОУ»;
- инструкции по оперативно-техническому учету ЯМ в ЗБМ;
- программы измерений ЯМ в ЗБМ;
- инструкция по действиям персонала ОАО «МЦОУ» в случае обнаружения аномалий;
- программа применения пломб;
- инструкция по проведению физической инвентаризации ЯМ в ОАО «МЦОУ».

Физические инвентаризации ядерного материала

Плановые физические инвентаризации в ЗБМ проводятся с частотой, которая установлена в зависимости от категории ЯМ в ЗБМ в российских федеральных нормах и правилах - не реже 1 раза в 12 месяцев.

Инвентаризация выполняется для всех ЯМ независимо от их принадлежности (полученные во временное пользование или на ответственное хранение), находящихся в пределах границ всех ЗБМ установки.

В ходе проведения физической инвентаризации в ЗБМ:

- производится подсчет и идентификация всех учетных единиц в хранилищах;
- производится проверка целостности пломб, установленных на емкостях с ядерным материалом;
- проводятся подтверждающие измерения атрибутов урана методами НРА¹ на «грубый» и «частичный» дефекты;
- проводятся взвешивание учетных единиц, выбранных на случайной основе;
- подводится баланс по каждому ядерному материалу (уран; уран-235).
- определяется инвентаризационная разница и ее среднеквадратичная (стандартная) погрешность для каждого ядерного материала.

По результатам физической инвентаризации ядерных материалов проводится корректировка учетных данных (если она необходима) и готовятся следующие документы по каждой ЗБМ:

- акт инвентаризационной комиссии;
- список фактически наличного количества ядерных материалов;
- материально-балансовый отчет.

Закрытие материального баланса для ЯМ, стоящего под гарантиями МАГАТЭ, осуществляется в два этапа. На первом этапе РИК ОАО «МЦОУ» проводит физическую инвентаризацию ЯМ в зонах баланса материалов с

¹ ОАО «МЦОУ» выражает большую благодарность ГНЦ РФ - ФЭИ (Рязанов Б.Г.) и Лаборатории микрочастиц (Стебельков В.А.) за оказание услуг по проведению измерений ЯМ с помощью приборов НРА во время поступлений партий ЯМ на склад ОАО «МЦОУ» и во время проведения физических инвентаризаций ЯМ.

использованием своих приборов и оборудования и готовит соответствующие документы в МАГАТЭ с указанием погрешностей измерений. Параллельно готовятся отчетные документы для ФИС.

Такая инвентаризация называется «Physical Inventory Taking»² (PIT).

Сразу после PIT, инспектора МАГАТЭ, используя свои собственные приборы и оборудование, проводят независимую физическую инвентаризацию в тех же зонах баланса материалов – «Physical Inventory Verification»³ (PIV). Результаты сравниваются с учетом погрешностей измерений. Выпускается отчет о закрытии материального баланса – «Material Balance Report» (MBR), который вместе со списком учетных единиц направляется по официальным каналам в МАГАТЭ.

Вероятность обнаружения дефектов при PIV.

	Опломбированный материал			Неопломбированный материал			
	LEU UF ₆	NU UF ₆	DU UF ₆	LEU UF ₆	NU UF ₆	NU U ₃ O ₈	DU UF ₆
Грубый	10%	10%	10%	50%	50%	50%	50%
Частичный		----	----		20%	50%	----
Смещения	----	----	----		----	----	----
Проверка пломб	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

LEU – низкообогащенный уран (уран с обогащением по изотопу уран-235 менее 20%);

NU – природный уран;

DU – обедненный уран.

Проверки на грубый дефект, частичный дефект и на дефект смещения.

Где:

- грубый дефект – измерение толщины стенок контейнеров с помощью ультразвукового толщиномера и измерения на наличие урана с помощью гамма-спектрометров низкого разрешения;
- частичный дефект – взвешивание на электронных весах, измерение толщины стенок контейнеров с помощью ультразвукового толщиномера и

² По терминологии МАГАТЭ физическая инвентаризация ЯМ, проводимая оператором установки (эксплуатирующей организацией установки) носит название: «Physical Inventory Taking» или сокращенно: «PIT».

³ В соответствии с «Соглашением ... о применении гарантий МАГАТЭ...», INFCIRC/327, инспекторы МАГАТЭ ежегодно проводят независимую физическую инвентаризацию ЯМ, сразу после проведения физической инвентаризации, проведенной оператором установки. По терминологии МАГАТЭ физическая инвентаризация, проводимая инспекторами Агентства, называется: «Physical Inventory Verification» или сокращенно: «PIV».

измерения процентного содержания делящегося изотопа в уране с помощью гамма-спектрометров высокого разрешения;

- дефект смещения - отбор проб гексафторида урана из выбранных на случайной основе емкостей, с помощью пробоотборной установки. Анализ проб производится в сети аналитических лабораторий МАГАТЭ. Отобранные пробы отсылаются в МАГАТЭ для анализа.

Заключение

За время функционирования ОАО «МЦОУ» и применения гарантий МАГАТЭ реализована возможность совмещения требований российской системы государственного учета и контроля ЯМ и процедур гарантий к ЯМ в одной организации.

Следует отметить, что прототип уникальной СУиК ЯМ ОАО «МЦОУ» может быть использован на любой российской установке ЯТЦ, поставленной под гарантии МАГАТЭ.

Session 3

Achievements and Future Challenges of the Rostekhnadzor Overview and Rosatom Control of NMC&A System

**Arrangement and Implementation of the State –Level
Nuclear Materials Control and Accounting Status
Monitoring by the State Corporation “ROSATOM”
as One of the Elements for the State Nuclear
Materials Control and Accounting System
Enhancement**

A.V. Stepashko – *State Corporation “Rosatom”, Moscow,
Russia*

Consideration should be also given to the main principles of arrangement and implementation of the state nuclear material control and accounting status monitoring (inspections) performed by the State Corporation Rosatom at the facilities: regulatory framework, objectives and tasks of inspections, inspection procedures, principal elements, major results.



Organization and Performing by Rosatom Control of the Status of State Nuclear Materials Control and Accounting in Organizations as One of the Elements of Improvement of the State Nuclear Materials Control and Accounting System

**(Trilateral MC&A seminar)
(12-15.11.2013, RMTC, IPPE)**

V.A. Pitel, V.A. Romanov, A.V. Stepashko
(Department of Nuclear Materials)

Plan of the report :

- 1. Grounds to perform inspections**
- 2. Objectives of inspections**
- 3. Procedure of organizing inspections:**
 - Areas of inspections**
 - Departments inspected**
 - MC&A elements inspected in organization**
 - Procedure of developing the final document**
- 4. Results of inspections**
- 5. Shortcomings in organization of inspections**

Grounds to perform inspections :

1. Federal law dated 01.12.2007 № 317-FZ «About State Atomic Energy Corporation «Rosatom»
«Article 7 Authority and functions of the Corporation in the area of state regulation of use of atomic energy:
including:
clause 10 «provides control for the management of NM in Russian Federation»;
clause 17 «performs inspections of organizations, the inspections relate to implementation of the authority on managing atomic industry»
2. Decree of the Government of Russian Federation dated 06.05.2008 № 352 «About Approval of Regulations on the State System of Nuclear Materials Control and Accounting» (subclause «H» of clause 11)
«ROSATOM within the framework of its' authority:
including: performs control for the status and functioning of the system of state nuclear materials control and accounting in Russian Federation regardless the form of property on nuclear materials»

www.rosatom.ru

3

Grounds to perform inspections : (continued)

3. Order of ROSATOM dated 09.10.2009 № 708
«About approval of the Regulations on procedure of organization of control for the management of nuclear materials in Russian Federation»
«The department (Department of Nuclear Materials) responsible for the organization of the system of control for the management of NM, performs control for the NM management by:
including, inspections of organizations that manage NM»
4. Order of ROSATOM dated 29.06.2010 № 1/68-П
«About approval of the Regulations on inspections to provide safety and security at nuclear- and radiation-dangerous ROSATOM facilities
5. Order of ROSATOM dated 30.11.2012 № 1/1129-П
«About approval and enforcement of the Regulations on performing inspections by ROSATOM of nuclear materials control and accounting systems in organizations managing nuclear materials»

www.rosatom.ru

4

Objectives of inspections :

Evaluate:

availability and consistency of organization's regulatory documents with the requirements of federal and industry level documents in the area of nuclear materials control and accounting

if the system of state nuclear materials control and accounting is capable to reveal in time the loss, theft and unauthorized use of nuclear materials

If the information that organization provides to both ROSATOM and the Federal information system is authentic

Procedure of organizing inspections :

Preliminary planning of inspections for the next year

Organization of inspections according to the approved plan

Preliminary planning of inspections :

1. Choose the facilities for inspections:

principle of choice:

- inspected long ago
- recurring inspection is needed
- large facilities
- new facilities
- industry-investigation ratio
- availability of different forms of property on NM

2. Prepare and execute the approved plan on inspections for the next year

3. Inform organizations about upcoming inspections

Organization of performing inspections:

Choose the date of inspection (influencing factor) and agree with the facility

Choose the inspectors (selection principles)

Develop order document on performing inspection

Allocate duties among inspectors during the work at the facility

Organization of activities when performing inspections:

Work of commission members in their areas (scheduling the visiting of departments (MBA) of organization, distribution the preparation of final document sections between the commission members)

Exchange of information between different areas

Joint analysis of the gathered information

Correction of inspections program, if needed (additional visits of some departments (MBA), etc.)

Inspections areas:

compliance of conditions of NM use by juridical persons (regardless the form of property on them) with the organization's Statute, agreements on NM transfer concluded by the organization with ROSATOM

effectiveness and validity of NM use by the organization in accordance with the approved plans and programs, scientific and research activities and commercial orders and agreements, as well as documentation of decisions on NM use in accounting (report) documents

functioning of state MC&A system, as well as factual status of activities on providing NM control and accounting in organization

Inspections areas : (continued)

if organization meets the requirements of federal code and other regulatory legal acts in the area of NM control and accounting

compliance of the available total of NM in the places of their location with the data registered in the accounting and report documents and provided in the reports to ROSATOM and the Federal Information System

organization's activities on prevention of loss, unauthorized use and theft of NM

fulfilling the requirements of export control (if implemented)

www.rosatom.ru

11

Membership in commission:

**Representatives of ROSATOM headquarters
(currently – staff of Department of Nuclear Materials)
(chairman by all means)**

Qualified MC&A specialists from ROSATOM facilities

Specialists of organizations that are similar in their specialization with the organization inspected

**Specialists in specific MC&A areas
(for example, metrology)**

www.rosatom.ru

12

Is not permanent

Effective experience exchange between specialists on organization and functioning of MC&A system

Requires accurate formulation and realization of unified approach to the selection of basic inspection areas, inspected elements of the system and methods of performing inspections

Organization departments subject to inspections:

NM control and accounting service

Storage, transportation and control service (department)

Methodological control group

Analytical labs

Production departments (plants, laboratories, groups, etc.) of organization, managing NM

Other departments

MC&A elements inspected:

organization of MC&A system

system's management structure

system of regulations of facility, department and MBA level on NM control and accounting, including changes and amendments to the documents

reporting and status of accounting and report documents, industrial NM accounting

www.rosatom.ru

15

MC&A elements inspected : (continued)

NM measurement system, including:

hardware, measurement methodologies,
reference materials,

documents confirming inspection, calibration of instruments

measurements and attestation of used measurement methodologies

NM parameters quality control programs

performing physical inventory and striking balance of NM

organization of NM transfer inside MBA and between MBA as well as transfer between organizations

practice of performing both incoming and outgoing control, evaluation of difference between the data of transmitter and receiver about quantity and parameters of NM transferred

www.rosatom.ru

16

MC&A elements inspected :

(continued)

provision of reports to the Federal Information System and to ROSATOM on NM available total, changes in NM available total (including their movements)

program of application of seals with IDs

facility control (self-estimation) of MC&A system functioning in organization

material and technical support

people aware of MC&A system functioning, personnel training program, engaged in MC&A system

www.rosatom.ru

17

Contents of the final documents:

General section

(commission membership, grounds to perform inspections, licenses)

Sections:

NM control and accounting organization

Accounting and report documents

Industrial NM accounting

Measurement system and quality control

Use of seals with IDs

Performing physical inventory and striking balance

Procedure of receiving and transferring NM inside the organization, between organizations

Verification of NM availability in the places of their location

Status of MC&A automation

Control for MC&A system functioning

Performing plans of correcting activities

Training of personnel engaged in MC&A system

Commission's conclusion

Commission recommendations

Records of performed measures

www.rosatom.ru

18

Development of the final document:

Develop drafts of the document's sections

Unite the sections

Delete the repeated comments

Develop the complete text for the collective discussions by the commission's members

Collective discussion of the final document with the representatives of the inspected facility

Put final amendments

Develop final version and acquaint the management of the facility with the results of inspection

Development of the final document :

(continued)

Submit the final document to the management of ROSATOM department responsible for the organization and managing the state control and accounting of nuclear materials (Department of Nuclear Materials)

Submit the final document to the management of ROSATOM for approval

Send copy of the approved document to the organization to develop plan of eliminating comments

Conclusions of the commission:

Conclusion:

organization's MC&A system provides (or doesn't provide) performing objectives and functions defined by the regulations of federal level in the area of managing state NM control and accounting

Pros and cons of the MC&A system are mentioned

Absence (or presence) of facts of unauthorized use or loss of NM are mentioned

Recommendations on increasing effectiveness of MC&A system are made

Disadvantages:

In inspections organization:

Shortage of specialists to perform inspections

Not all managers of organizations "are willing" to send their representatives to participate in inspections

During inspections

Part of disadvantages are of principal character

Part of disadvantages - «effect of commission work»

Approach to perform inspections:

Is being changed

Large facilities require more attention than facilities that use relatively small amount of NM

**It is reasonable to perform inspections of large facilities “partially”
(sequentially in the course of 2 years)**

Role of ROSATOM control:

- 1. Effective lever on the MC&A quality in organizations and MBAs**
- 2. Allows ROSATOM management both gather reliable and detailed data on MC&A status in MBA (facilities), and compare status of the systems and their separate elements in different (or similar) MBAs (facilities)**
- 3. Allows informing the organizations' management about MC&A policy of ROSATOM**

Role of ROSATOM control:

(continued)

- 4. Carefulness, expertise and impartiality of commission members create positive mood in managing NM control and accounting among the personnel of inspected departments**
- 5. Stimulation to the responsible relation to providing NM safety and security**
- 6. Information gathering by personnel:
about the estimation of the level of NM control and accounting in inspected areas;
about measures that are used at similar facilities and what measures can be implemented**

Role of ROSATOM control:

(continued)

- 7. Objective estimation (approach to it) of correspondence of NM control and accounting management to the requirements of regulative and technical documents, its reliability and effectiveness in terms of possible threats of anomalies**
- 8. Expert can recommend measures that can improve NM control and accounting management in MBA (department, organization)**
- 9. Facility's control is very significant**

General issues:

Regular since 2004

About 60 organizations

Number of inspected organizations – 10-14 per year

Number of inspectors - 4 to 10 persons

Part of inspections are financed by ROSATOM, part – by DOE

Till 2011 only ROSATOM organizations were subject to inspections

Since 2011 non-ROSATOM organizations have been inspected

2011 – JINR

2012 – Kurchatov Institute, PNPI

2013 – Krylov Institute, MEPhI, MEI

Number of inspections:

2007	–	6 inspections
2008	–	6 inspections
2009	–	9 inspections of them - 3 under ROSATOM financing
2010	–	13 inspections of them - 4 under ROSATOM financing
2011	–	11 inspections of them - 3 under ROSATOM financing
2012	-	11 inspections of them - 3 under ROSATOM financing

NP-030-12: Inspection of Implementation and Difference from NP-030-05

D.A. Bokov – *Rostekhnadzor, Moscow, Russia*

Consideration should be given to:

- the basic differences between the revised version of the Basic Rules of Nuclear Materials Control and Accounting and the old version (NP-030-05): issues and sections that were introduced in the revised version;
- oversight features: the ways to inspect the new requirements.;
- issues of practical application of the revised version of the Basic Rules of Nuclear Materials Control and Accounting: the issues that need solution for uniform interpretation of the Rules of Nuclear Materials Control and Accounting; potential proposals.



Новая редакция НП-030-12 Отличия от НП-030-05 Особенности надзора

*Обнинск
2013*

Новая редакция НП-030

Новая редакция Основных правил учета и контроля ядерных материалов НП-030-12.

Введена в действие приказом Ростехнадзора от 17 апреля 2012 г. № 255, действует с 09.11.2012

Старая редакция (НП-030-05) отменена приказом Ростехнадзора от 28 ноября 2012 № 693

Новая структура: отсутствует часть разделов (по средствам контроля доступа, по требованиям к обучению и проверке знаний персонала)

Часть требований к УК ЯМ убрана, появились новые требования и детали.

3

- Пункт 14: ФИ подлежат **все ЯМ в ЗБМ**
- *появилось прямое требование, можно ссылаться на этот пункт, если ФИ проводится не для всех ЯМ в ЗБМ*
- То есть: не допускается проведение ФИ для части ЗБМ, например – при расследовании аномалии, при смене МОЛ и т.д.
- ФИ должна быть проведена для всего ЯМ!

4

Новая редакция НП-030

- Пункт 15: Аномалии регистрируются на основании:
- расхождений результатов учетных и подтверждающих измерений параметров (характеристик) продуктов, ЯМ;
- расхождений данных организации-отправителя и организации-получателя о количестве УЕ, ЯМ.
- *Основание для определения аномалии при подтверждающих измерениях ЯМ, приемке ЯМ.*
- Расхождением данных могут быть не только весовые характеристики, но и другие данные, например количество УЕ₅

Новая редакция НП-030

- Пункт 16: Отчеты организаций в области учета и контроля ЯМ должны представляться по формам, в порядке и с периодичностью, введенными в действие в системе государственного учета и контроля ЯМ.
- *То есть нарушение установленного Росатомом порядка предоставления сводной отчетности (СНКс, ОИКс) и любой другой отчетности (если она введена в действие в целом в системе УК ЯМ) будет нарушением данного пункта.*

Новая редакция НП-030

- Пункт 17: Исправление учетных данных допускается только путем внесения изменений в учетные документы **в соответствии с установленным в организации порядком, с указанием даты и лица, внесшего изменения, и возможностью прочтения ошибочно сделанной записи.**
- *Добавилось требование об указании даты и лица, внесшего изменения, и о внесении изменений в установленном порядке.*

7

Новая редакция НП-030

- Пункт 19: Дейтерий в тяжелой воде стоит на учете в СГУК ЯМ **только если его более 50% и он не в составе реакторной установки.**
- *То есть если тяжелая вода в виде УЕ – учет в СГУК ЯМ, если тяжелая вода в составе реакторной установки – не на учете в СГУК ЯМ.*
- *Например, если на время ремонта тяжелую воду слили из реактора в бочки, бидоны – дейтерий должен быть поставлен на учет. Если позже залили обратно в реактор – дейтерий снимается с учета.*

8

- Пункт 20:
- ЗРИ с ЯМ, превышающим минимальные значения (в единичном ЗРИ), **должны стоять на учете в СГУК ЯМ.**
- Исключения из СГУК ЯМ могут быть сделаны для обедненного урана в составе защитных изделий и носителя изотопов водорода – **без ограничения по количеству обедненного урана** (должен быть на учете в СГУК РВ и РАО).

- Пункт 23: Плутоний, образовавшийся в продуктах, облученных в ядерных реакторах, ставится на государственный учет после выгрузки продуктов из ядерного реактора, при помещении облученных продуктов в хранилище или в место хранения вне активной зоны реактора. Тогда же уран и уран-235, выгоревшие в реакторе, должны сниматься с учета.
- Массы плутония, урана и урана-235 определяются уполномоченными специалистами организации, эксплуатирующей реактор, с помощью аттестованных расчетных методик и (или) программных средств.
- 1) – расчет делается после выгрузки из активной зоны, а не из реактора (для исследовательских реакторов).
- 2) методики расчета или программные средства должны быть аттестованы.

Новая редакция НП-030

- Пункт 32: Учет и контроль ЯМ должен поддерживаться мерами по сохранению и (или) подтверждению имеющейся информации о ЯМ. Эти меры должны включать организационные мероприятия, СКД, а также их комбинации и **обеспечивать непрерывный контроль доступа к ЯМ.** Учет и контроль ЯМ должен поддерживаться также физической защитой ЯМ, ядерных установок и пунктов хранения ЯМ, включая контроль доступа персонала в помещения, где находятся ЯМ.
- *Контроль доступа должен быть непрерывным.*

11

Новая редакция НП-030

- Пункт 33: В местах доступа в помещения, камеры, боксы, на контейнеры и другое оборудование, где имеются ЯМ, устанавливаются идентифицируемые **устройства одноразового действия**, обеспечивающие защиту объекта от несанкционированного доступа путем индикации вмешательства и сдерживания в определенных пределах от проникновения (**далее - пломбы**), **удовлетворяющие национальным стандартам.**

12

- Пункт 33: Для контроля доступа к УЕ в ЗБМ с ЯМ категорий 1 и 2, при отправке УЕ из ЗБМ с ЯМ категорий 1 и 2, хранении более одной смены УЕ в ЗБМ с ЯМ категорий 1 и 2 должны применяться пломбы с уникальными идентификационными признаками.

- Пункт 36: Доступ в помещения ЗБМ с ЯМ категорий 1 и 2, где хранятся ЯМ, и любые работы с этими ЯМ в хранилищах должны выполняться не менее чем двумя лицами, допущенными к работе с ЯМ.

Доступ в любое помещение с ЯМ в ЗБМ 1 и 2 категорий – только двумя лицами, оба лица должны быть в списке лиц, допущенных к работе с ЯМ.

Новая редакция НП-030

- НП-030-12: МВИ и СО должны быть **разработаны, аттестованы и оформлены** в соответствии с требованиями нормативных документов.
- Пункт 39. **Расчетные методики**, используемые для расчета количества ЯМ, должны быть оформлены в виде инструкций и содержать **значение, порядок оценки погрешности результатов расчета по методике**

15

Новая редакция НП-030

- ФИ для ЗБМ 1 категории – раз в 2 месяца.
- Описаны требования к ЦИК и РИК.
- Требования к акту ФИ:

16

Новая редакция НП-030

- Если по результатам ФИ нет аномалии – то принимают СФНК (а не СНК как в НП-030-05), т.е. корректируют остаток!
- Для критериев аномалии по ФИ убрано понятие «95% вероятность», то есть 2% (3%) от ЯМ с учетными измерениями, 3 кг по плутонию и урану-233, 8 кг по урану-235 для ВОУ, 70 кг по урану-235 для НОУ – должны анализироваться **без учета 2 СКО ИР**.

17

Новая редакция НП-030

- Установлены требования к проведению внеплановой ФИ – когда нужно проводить.
- Нет требований к проведению ФИ по организации в целом (и соответствующим отчетным документам).
- Установлены требования к отчету по зонам отчетности.

18

Новая редакция НП-030

- Пункт 88. Учет и контроль ЯМ в организациях осуществляется с учетом главы V Положения о системе государственного учета и контроля ядерных материалов, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 6 мая 2008 г. N 352 "Об утверждении Положения о системе государственного учета и контроля ядерных материалов".
- Это значит на практике – любое нарушение организациями внутренних документов по учету и контролю будет означать нарушение постановления Правительства №352 и, соответственно, пункта 88 НП-030-12

19

Новая редакция НП-030

- Новые требования к Положению по УК ЯМ:
 - структура и границы ЗО;
 - порядок ведения учетных и отчетных документов;
- Требования и процедуры, установленные в положении (инструкции) и других документах организации, должны соответствовать требованиям, установленным в федеральных нормах и правилах в области использования атомной энергии.
- Убрано требование по определению сроков составления СНК в ЗБМ и в целом в организации

20

Новая редакция НП-030

- Должны быть разработана программа применения пломб (отдельный документ).
- Должны быть создана централизованная служба (подразделение) УК ЯМ.
- Любые потери должны быть определены с помощью измерений или расчетных методик, основанных на результатах предварительных измерений или экспериментальных исследований.

21

Новая редакция НП-030

- Добавлены детальные требования к административному контролю состояния учета и контроля ЯМ, оформлению результатов такого контроля и выполнения мероприятий по устранению выявленных нарушений и недостатков.
- Убраны требования по ведомственному контролю.
- Убрано требование по периодичности проверки знаний (оставлено общее требование по подготовке, переподготовке и проверке знаний персонала УК ЯМ, без требования к периодичности)

22

Спасибо за внимание.

NM C&A System Control and Inspection at the Siberian and Far East Sites. Inspection Activities Enhancement and Development Prospects

**M.M. Zubairov, A.B. Nikolaev, *Rostekhnadzor, Novosibirsk,*
A.A. Krivolapov – *Rostekhnadzor, Seversk, Russia***

Consideration should be given to:

- brief information on nuclear facilities of Siberia and Far East that are under supervision of the regional office;
- status of NMC&A system restructuring and upgrading at the sites of Siberia and Far East;
- use of NM NDA equipment by inspectors;
- inspector's actions are highlighted from the moment of violation detection to the time of discontinuing supervision over the compliance with the Improvement Notice with the order to rectify the violation detected;
- use of Computerized Information System on Nuclear Radiation Safety (NRS CIS) in the course of supervising, licensing and permitting activities.

«Надзор за системой государственного учета и контроля ядерных материалов и проведение инспекционных проверок на ядерных установках различных типов»

М. М. Зубаиров, А.Б. Николаев, А.А. Криволапов

Введение

В масштабе РФ задача надзорной деятельности и регулирования системы государственного учета и контроля ядерных материалов (СГ УКЯМ) есть обеспечение гарантий их санкционированного использования, сохранности и отсутствия неучтенных материалов в любом их виде и форме при эксплуатации ядерных установок (ЯУ) и проведении на них различных технологических процессов.

В докладе рассматривается СГ УКЯМ на установках во исполнение требований федеральных норм и правил (ФНП) и условий действия лицензий Ростехнадзора (УДЛ). На уровне территориального органа регулирования описан подход к планированию, проведению инспекционных проверок, выявлению нарушений и контролю за их устранением, формы и порядок представления результатов надзорной деятельности в центральный аппарат Ростехнадзора (ЦА).

Сформулированы, на взгляд авторов, проблемные вопросы, касающиеся усовершенствования СГ УКЯМ на объектах использования атомной энергии, решение которых обеспечит государству снижение риска несанкционированного использования ЯМ и повышение управляемости их использованием.

ЧАСТЬ 1 «Системы учета и контроля ядерных материалов на установках»

Раздел 1.1 «Типы ЯУ и виды ЯМ, подлежащие государственному учету»

Инспекторский состав Межрегионального территориального управления по надзору за ядерной и радиационной безопасностью Сибири и Дальнего Востока (МТУ ЯРБ) обеспечивает надзор за СГ УКЯМ на 8 территориально обособленных друг от друга площадках с ядерными установками, насчитывается 24 объекта 9 типов с 7 видами ЯМ (общее количество 44 ЗБМ и 12 ЗО), из них 10 объектов с балк-формой 3 видов ЯМ.

- 2 по добыче урана (ППГХО, Хиагда) - 3 по конверсии урана (АЭХК, СХК, НЗХК) - 3 по разделению изотопов (АЭХК, ЭХЗ, СХК) - 8 по наработке плутония (ГХК, СХК) - 2 по выделению плутония (ГХК, СХК) - 1 по долговременному хранению энергетического урана (МЦОУ) - 2 по долговременному хранению ОЯТ (ГХК) - 2 по производству ЯТ (СХК, НЗХК) – 1 исследовательская установка (ТПУ)

Примечания

1. В настоящее время установки по наработке плутония выводятся из эксплуатации, радиохимические заводы производят только аффинаж урана, остальные установки эксплуатируются в рабочем режиме.

2. ЯМ подразделяются на трансурановые (плутоний, нептуний), ВОУ, НОУ, уран природный, уран обедненный, уран облученный и находятся на установках как государственные запасы, сырье, обороты НЗП, готовая продукция, отходы производства, стандартные образцы.

Раздел 1.2 «Обеспечение УКЯМ на установках»

- *ОАО «ППГХО» – одна ЗБМ с ЯМ 4 категории и 1 ЗО;*
- *ОАО «Хиагда» – одна ЗБМ с ЯМ 4 категории и 1 ЗО;*
- *ОАО «МЦОУ» - две ЗБМ с ЯМ 4 категории и 1 ЗО;*
- *ОАО «АЭХК» - четыре ЗБМ с ЯМ 4 категории и 1 ЗО;*
- *ОАО «ПО ЭХЗ» - четыре ЗБМ с ЯМ 1 и 4 категории и 1 ЗО;*
- *ФГУП «ГХК» - десять ЗБМ с ЯМ 1 и 4 категории и 2 ЗО;*
- *ОАО «СХК» - десять ЗБМ с ЯМ 1 и 4 категории и 2 ЗО;*
- *ФГБОУ ВПО «НИ ТПУ» – одна ЗБМ с ЯМ 3 категории и 1 ЗО;*
- *ОАО «НЗХК» - 11 ЗБМ с ЯМ 1 и 4 категории и 2 ЗО.*

Предприятия самостоятельно устанавливают ЗБМ, которые регистрируются Управлением ЯМ ГК «Росатом», о чем органы регулирования письменно уведомляются в течение 30 дней. Предприятия и подразделения могут соответствовать одной ЗБМ, а могут не соответствовать (в одном подразделении может быть несколько ЗБМ и в одной ЗБМ может быть несколько подразделений). ЗБМ могут содержать ЯМ как в виде учетных единиц (УЕ), так и в виде балк-формы (без идентификационных признаков). ЗБМ могут иметь потери ЯМ, а могут не иметь потерь. В каждой ЗБМ ведется непрерывный оперативно-технический учет передач ЯМ внутри ЗБМ, между ЗБМ одного предприятия и между ЗБМ и ЗО разных предприятий. В ЗБМ для сверки учетного и фактического количества и подведения баланса каждого ЯМ проводятся периодические ФИ (за исключением ЯМ находящихся в транспортировании).

Службы учета предприятий организованы как подразделения или группы специалистов или приказом руководителя назначены уполномоченные должностные лица ответственные за ведение учета ЯМ на предприятии. Сбор и обработка информации по производственному и складскому учету и прочих сведений в рамках СГ УКЯМ ведется с применением программных средств и компьютерных технологий и является основной задачей служб учета и уполномоченных лиц на уровне каждой ЗБМ и всего предприятия в целом.

Подведение сводного баланса ЯМ по итогам годовых ФИ - обеспечивают ЦИК и службы учета или уполномоченные лица, ведение оперативно-технического учета и проведение с установленной периодичностью ФИ в каждой ЗБМ – обеспечивают РИК (администраторы и операторы технологического процесса).

Система УКЯМ (СУ и К) на установке состоит из взаимодействующих между собой элементов:

- *ФНП и УДЛ на виды деятельности по обращению ЯМ и разрешения на право работ в области использования атомной энергии;*
- *нормативных и организационно-распорядительных документов (НД и ОРД) по исполнению ФНП и УДЛ (перечень действующих на предприятии положений, стандартов, инструкций по оперативному учету и проведению ФИ);*

- системы измерений и контроля качества измерений ЯМ (перечни средств измерений, графики поверки, свидетельства о калибровке, программы, методики, протоколы);
- системы учетно-отчетных документов (паспорта, требования-накладные, акты входного контроля, справки о потерях, акты перевода в РАО, акты ФИ в ЗБМ, ОИК ЗБМ, СНК ЗБМ, СФНК ЗБМ, МБО ЗБМ, ОИК ЗО, СНК ЗО, уведомления, специальные отчеты);
- программы применения пломб при обращении ЯМ (объекты пломбирования, протоколы проверки целостности пломб);
- положения о подготовке персонала, обеспечивающего УКЯМ на предприятии;
- актов внутреннего контроля состояния УКЯМ на предприятии и отчетов об устранении выявленных нарушений;
- взаимодействия с органами регулирования безопасности при использовании атомной энергии.

Примечания

1. Для целей СГ УКЯМ операторами на установках учитывается физическая и химическая форма материалов, вид делящихся изотопов, масса изотопов, масса элементов, необходимые сведения в установленном порядке передаются в Федеральную информационную систему (ФИС).

2. На предприятиях топливного цикла оперативно-технический учет, измерения ЯМ для ФИ остатков незавершенного производства, включая расчеты закладки оборудования и списание потерь на конец МБП наиболее трудоемкий и сложный элемент СУ и К.

Раздел 1.3 «Проблемные вопросы исполнения ФНП и УДЛ»

- на установках с множеством ЗБМ одновременное проведение ФИ (годовой) во всех ЗБМ затруднено, приостановка технологического процесса невозможна для проведения ФИ в некоторых ЗБМ;
- на установках с множеством ЗБМ, с ЗБМ включающими в себя несколько структурных подразделений, кроме уровня ЦИК и уровня РИК ЗБМ процедуры ФИ выполняются комиссиями подразделений, которые между собой не связаны;
- не аттестованы методики измерений массы плутония в УЕ для нейтронных счетчиков, применяются не сертифицированные образцы плутония для калибровки, нейтронные счетчики не внесены в госреестр измерительных средств;
- не установлена типовая процедура корректировки зарегистрированного количества ЯМ по фактически измеренному в ЗБМ при проведении ФИ;
- списание потерь ЯМ при проведении технологического процесса проводится на ЯУ по нормам, а не по измеренному количеству;
- применение свинцовых пломб в ЗБМ происходит без наличия национального стандарта;
- не исключаются передачи ЯМ внутри предприятия между ЗБМ на ответственное хранение без учета весовых данных по количеству делящегося материала;

-при передачах между установками демонтированных центрифуг с коррозионными отложениями «остаточный» ЯМ складывается для долговременного хранения на площадках вне ЗБМ;

- в СГ УКЯМ не учитываются малые количества делящихся материалов в открытых радионуклидных источниках (ОРИ) ЦЗЛ;

- сокращается персонал ЯУ, снижается уровень подготовки операторов технологического процесса и специалистов, слабый административный контроль.

ЧАСТЬ 2 «Надзор за системой государственного учета и контроля ядерных материалов на установках»

Раздел 2.1 «Организация надзора в территориальном органе регулирования»

Нормативная база по надзору за системой государственного учета и контроля ядерных материалов на установках включает в себя:

- **Законодательные и нормативно правовые акты РФ**

-кодекс о АП (статьи) - федеральные законы (№ 170, № 294, № 317) - нормативно-правовые акты (№ 352, № 401, № 412, № 865, № 373) - федеральные нормы и правила (НП-072-06, НП-081-07, НП-030-12)

- **Ведомственные документы Ростехнадзора**

- регламент по лицензированию - регламент по выдаче разрешений - регламент по проверкам УКЯМ и ФЗ

- типовые программы - рабочие инструкции - методические рекомендации - руководства по безопасности (для использования специалистами поднадзорных предприятий)

- **Документы территориальных органов регулирования**

- акты проверок поднадзорных предприятий - предписания на устранение выявленных нарушений - протоколы об административных правонарушениях - постановления о наложении штрафов на физических и юридических лиц.

- **Планирование проверок СГ УКЯМ**

При методическом руководстве технического отдела МТУ ЯРБ отделы надзора и отделы инспекций участвуют в формировании сводных годовых графиков проверок управления на всех поднадзорных объектах. Ответственный исполнитель по направлению надзора представляет установленным порядком в технический отдел предложения для формирования и утверждения руководством годового графика проверок на поднадзорных объектах. Проверки по годовым графикам территориальных управлений согласованным с органами прокуратуры производятся исполнителями структурных подразделений не чаще 1 раза в год на каждом поднадзорном объекте.

- **Проведение проверок и выявление нарушений**

Соблюдение ФНП и УДЛ на поднадзорных предприятиях проверяется инспекторским составом, на основании утвержденных планов МТУ ЯРБ (по СГ УКЯМ проверкам подлежат ЗБМ и ЗО). Должностные лица отделов надзора и отделов инспекций распорядительными документами персонально или в составе рабочей группы

наделяются полномочиями на выполнение выездной плановой проверки в установленный период времени. Проведение проверки включает в себя ряд этапов:

Подготовка проверки

- изучение нормативных документов - анализ предыдущих нарушений - подготовка распоряжения о проверке - утверждение программы проверки - извещение предприятия о проверке.

Посещение установки

- представление и вручение руководству предприятия распоряжения о проверке - собеседование по справке на программу проверки - изучение документов предприятия - посещение подразделений, имеющих в обращении ЯМ - анализ и формулировка списка замечаний - обсуждение замечаний со специалистами предприятия.

Оформление отчета

-формулирование предписания - составление акта проверки - оформление протоколов измерений - составление протокола о правонарушении - вынесение постановления о штрафе (или др. санкции) - подготовка справки по программе проверки.

Завершение проверки

- вручение акта проверки с приложениями - ввод данных в АИС ЯРБ - подшивка документов по проверке.

Контроль предписаний

-переписка по вопросам проверки - получение уведомления об устранении нарушений - проверка выполнения предписания.

Примечания

1. ЦА Ростехнадзора на каждом предприятии примерно 1 раз в четыре года планируются комплексные проверки по различным направлениям надзорной деятельности, включая надзор за СГ УКЯМ. В комиссии привлекается инспекторский состав МТУ ЯРБ.

2. По проверке достоверности сведений для получения лицензии инспекторами МТУ ЯРБ по поручениям ЦА Ростехнадзора проводятся внеплановые проверки.

• Инспекционные измерения ЯМ

На площадках АЭХК, ЭХЗ, ГХК, СХК, НЗХК, ИРТ-Т при проверках ЗБМ для подтверждающих измерений урановых образцов в штатном порядке используются InSpector Ge и InSpector NaI. При использовании приборов неразрушающего контроля (ПНК) аномалий в УКЯМ не выявлено, параметры измеренных по случайным выборкам учетных единиц, в пределах контрольного допуска совпадали с учетными данными установок, при соблюдении корректных условий измерений.

При участии инспекторского состава, специалистами ФЭИ на базе «ПО Маяк» для разработки методик выполнялись серии измерений массы плутония в технологических образцах.

Примечания

1. Гамма-спектрометры, стандартные образцы урана и счетчики нейтронных совпадений находятся в собственности МТУ ЯРБ.

2. Обслуживание ПНК проводится специалистами фирмы «Canberra».

- **АИС ЯРБ на уровне МТУ ЯРБ**

Согласно Положению Ростехнадзора при осуществлении надзорной, лицензионной и разрешительной деятельности используется АИС ЯРБ. Приказом руководителя МТУ ЯРБ определены задачи и обязанности администратора и пользователей в отделах, эксплуатирующих АИС ЯРБ на уровне территориального органа регулирования и его структурных подразделений. Отдел надзора (администратор и пользователи-исполнители проверок) и отделы инспекций МТУ ЯРБ (территориально удаленные пользователи – исполнители проверок) обязаны под руководством администратора вводить данные в АИС ЯРБ при осуществлении надзорной деятельности на предприятиях, включая обеспечивающие и итоговые документы по результатам всех плановых проверок по направлению УКЯМ. Права всех пользователей в АИС ЯРБ разграничены, каждый пользователь может вносить в БД только сведения по собственным проверкам. Администратор АИС ЯРБ имеет доступ к сведениям по любой выполненной проверке МТУ ЯРБ. В автоматизированном режиме администратором осуществляется контроль за выполнением всех выданных в ходе проверок пунктов предписаний на устранение выявленных нарушений ФНП и УДЛ на поднадзорных предприятиях. При наличии полноты данных по всем выполненным за отчетный период плановым проверкам АИС ЯРБ позволяет формировать в автоматическом режиме формы предусмотренные «Инструкцией по отчетности в сфере надзора за состоянием учета и контроля ядерных материалов и их физической защитой». В АИС ЯРБ производится регистрация всех выполненных плановых проверок МТУ ЯРБ в ЗБМ на ядерных установках, происходит накопление и сохранение всех отчетных сведений по планам проверок УКЯМ.

Примечания

1. Ежеквартально выгрузка от каждого территориально удаленного пользователя АИС ЯРБ направляется администратору МТУ ЯРБ электронной почтой (в связи с отсутствием выделенного канала связи).

2. Ежеквартально выгрузка из базы данных МТУ ЯРБ, содержащая сводные сведения по итогам всех выполненных за отчетный период проверок, в качестве отчета предоставляется электронной почтой в 15 Управление Ростехнадзора (в связи с отсутствием выделенного канала связи).

- **Отчетность территориальных органов по результатам проверок**

Территориально удаленные подразделения МТУ ЯРБ в установленные сроки присылают в адрес центрального офиса квартальную отчетность по направлениям деятельности. В отделе надзора отчетные сведения о выполненных проверках анализируются, обобщаются и передаются для редактирования в технический отдел, а затем на утверждение руководству МТУ ЯРБ и после этого в установленные сроки отправляются в ЦА Ростехнадзора как отчетность территориального органа по направлениям его деятельности.

систематически формируются:

-за каждый квартал сводные отчеты согласно «Инструкции по отчетности в сфере надзора за состоянием учета, контроля и физической защиты» (для 15 Управления)

- форма УК ЯМ-01 «Отчет МТУ ЯРБ о надзоре за системой государственного учета и контроля ядерных материалов» - форма УК ЯМ-02 «Справка МТУ ЯРБ о поднадзорных организациях и/или зонах баланса материалов, поставленных на учет или снятых с учета» - форма УК ЯМ-03 «Справка МТУ ЯРБ о проведенных инспекциях системы государственного учета и контроля ядерных материалов» - форма УК ЯМ-04 «Справка МТУ ЯРБ о выявленных аномалиях в системе государственного учета и контроля ядерных материалов»

-ежеквартально сводные отчеты согласно «Инструкции по отчетности. Требования к срокам, содержанию, порядку представления и обобщения отчетных документов» (показатели надзорной деятельности в отчетных таблицах суммируются нарастающим итогом за 3, 6, 9, 12 месяцев)

- форма МТУ-Р «Сведения о регулирующей деятельности» - форма ЯМ «Сведения о количественных показателях надзора за системой государственного учета и контроля ядерных материалов» - форма ТЦ «Сведения о регулировании ядерной и радиационной безопасности объектов ядерного топливного цикла» - форма ИЯУ «Сведения о регулировании ядерной и радиационной безопасности исследовательских ядерных установок» - форма МТУ-ЛРД «Сведения о лицензионной (разрешительной) деятельности»

-за полугодие и за год составляются пояснительные записки к отчету МТУ ЯРБ в ЦА Ростехнадзора с информацией о «Состоянии системы государственного учета и контроля ядерных материалов»

-по разделу «Исследовательский ядерный реактор» - по разделу «Состояние государственного учета и контроля ядерных материалов на объектах использования атомной энергии» - по разделу «Общие показатели инспекционной деятельности на предприятиях ядерного топливного цикла»

Примечание

Техническим отделом МТУ ЯРБ каждое полугодие составляется справка-отчет Полномочному представителю Президента РФ в СФО и в органы государственной власти «Информация о состоянии ядерной и радиационной безопасности на объектах использования атомной энергии», содержащий раздел «Состояние системы государственного учета и контроля ядерных материалов».

Раздел 2.2 «Проблемные вопросы надзорной деятельности»

- не оценивается значимость выявленных нарушений по результатам инспекционных проверок СГ УКЯМ для применения санкций;

- использование гамма счетчиков для инспекционных измерений плутония в ЗБМ не легитимно;

- требования к процедурам перевода ЯМ из технологического процесса в систему государственного учета РВ и РАО и обратно не установлены;

- процедуры проверок в рамках постоянного надзора не установлены;

- кроме формализованных отчетов и пояснительных записок по итогам надзорной деятельности анализ состояния СГ УКЯМ на установках не ведется;
- АИС ЯРБ без обмена данных между пользователями не приспособлена для формирования табличных форм сводной отчетности;
- низкий уровень заработной платы инспекторского состава территориальных органов.

Раздел 2.3 «Повышение качества надзорной деятельности»

- оптимизировать многообразие форм сводной отчетности по надзорной деятельности;
- до 1 года ограничить срок исполнения поднадзорным предприятием выданного предписания;
- обеспечить взаимодействие пользователей и администраторов всех уровней АИС ЯРБ по выделенным каналам связи для передачи данных;
- регламентировать процедуры проверки в рамках постоянного надзора;
- для консультаций проводить семинары с докладами инспекторов и операторов установок по исполнению требований к СГ УКЯМ;
- проводить «перекрестные» проверки на установках с проблемными вопросами по соблюдению ФНП.

ЧАСТЬ 3 «Перспективы развития СГ УКЯМ в РФ»

- *Ведение на уровне организации перечней действующих нормативных документов по СУ и К.*
- *Классификатор видов и стандартные формы подведения баланса ЯМ.*
- *Самостоятельная оценка инспектором величины погрешности ИР при проведении проверок ФИ в ЗБМ.*
- *Формирование в АИС ЯРБ обеспечивающих документов и стандартных отчетов о выполненных проверках и передача их в БД по выделенному каналу связи.*
- *Сверки случайных выборок данных ФИС с данными в СУ и К на установках.*
- *Комментарии по исполнению ОПУК и других нормативно-правовых актов.*
- *Аттестация методик, сертификация стандартных образцов для измерений плутония.*
- *Автоматизация СУ и К на всех установках.*

Заключение

В лице органов регулирования государство располагает инструментом для обеспечения безопасности персонала и населения при использовании атомной энергии на ядерных установках посредством соблюдения юридическими и физическими лицами ФНП и УДЛ при осуществлении научной, производственной и хозяйственной деятельности. Эффективное выявление и контроль за устранением нарушений требований нормативных документов, в том числе по сохранности и санкционированному использованию ЯМ является необходимым средством гарантии безопасного обращения ЯМ и их нераспространения.

The Current Status and Development Prospects of the Russian State NM C&A System Oversight Activities at Nuclear Facilities with the Application of Technical Devices

G.V. Shporta – *CMTU Rostekhnadzor, Obninsk, Russia*

Pursuant to the «Regulations on the Federal Service for Ecological, Technological and Nuclear Supervision», enacted by the RF Government Decree of 30.07.2004 № 401 (as amended on 11.10.2012), Rostekhnadzor exercises supervision and oversight of:

- compliance with the rules and regulation in the area of atomic energy use , the conditions of the validity of permits (license) for the rights to conduct operations in the field of atomic energy use;
- the unified state system of nuclear materials control and accounting, radioactive substances and radioactive waste .

The “Regulation on the regime of permanent government supervision at the sites of the use of atomic energy” was enacted by the RF Government Decree of 23.04.2012. № 373, that stipulates the following:

- monitoring of compliance with the requirements for implementation of nuclear material control and accounting;
- measures on control including inspection of accounting records’ confidence and safety in the course of NM physical inventory taking including NM shipment and receipt.

For implementation of state supervision authority the CITD (Central Interregional Territorial Department) for Supervision of Nuclear Radiation Safety structurally includes the Division for supervision of control, accounting and physical protection of nuclear materials, radioactive substances and radioactive waste. All information on the supervision of control, accounting and physical protection of nuclear materials, radioactive substances and radioactive waste from the inspection divisions and the divisions for supervision in the form of routine report documents, certificates, inspection reports are forwarded to the above Division which carries out not only the guidance but also control of scheduled events on the above-mentioned oversight directions, and also at its own discretion makes arrangements for and conducts inspections of the sites under supervision.

The Division for supervision of control, accounting and physical protection of nuclear materials, radioactive substances and radioactive waste currently is short-staffed. The supervision of NM control and accounting systems in the territorial inspection departments normally is carried out by the inspectors whose duties include several directions of oversight. This situation results from undermanning of the divisions: a low level of the inspectors’ remuneration, the lack of supplementary incentive payments essentially restrict employment of the new staff members and are the ground for dismissal of those employed. Despite the problems indicated the effectiveness of MC&A (NM control and accounting) oversight in CITD for Supervision of Nuclear Radiation Safety has not been impaired at the present time. The scheduled inspections and control measures are carried out including those with the use of technical means.

Consideration should be given to the state supervision results.

**Современное состояние и перспективы развития надзора
за состоянием СГУК ЯМ на ЯОО,
в том числе с применением технических средств.
Г.В. Шпорта, ЦМТУ по надзору за ЯРБ (Ростехнадзор)**

Для реализации полномочий по государственному надзору ЦМТУ по надзору за ЯРБ в своей структуре имеет Отдел по надзору за учетом и контролем и физической защитой ЯМ, РВ и РАО. Вся информация по надзору за учетом и контролем и физической защитой ЯМ, РВ и РАО от отделов инспекций и отделов по надзору в виде плановых отчетных документов, справок, результатов проведения проверок поступает в указанный Отдел, который осуществляет не только методическое руководство, но и контроль плановых мероприятий по указанным направлениям надзора, а также самостоятельно организует и проводит проверки поднадзорных объектов.

Штат Отдела по надзору за учетом и контролем и физической защитой ЯМ, РВ и РАО в настоящее время не укомплектован. В территориальных отделах инспекций надзор за системами учета и контроля ЯМ, как правило, осуществляют инспекторы в обязанности которых входит несколько направлений надзора. Данная ситуация складывается из-за некомплектованности отделов кадрами: низкий уровень материального содержания инспекторов, отсутствие дополнительных стимулирующих выплат существенно ограничивают прием на работу новых сотрудников и являются основанием для увольнения уже работающих. Несмотря на указанные трудности, эффективность надзора за учетом и контролем ядерных материалов в ЦМТУ по надзору за ЯРБ в настоящее время не снижается. Проводятся плановые проверки и мероприятия по контролю, в том числе и с применением технических средств.

Административный регламент по исполнению Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору государственной функции по осуществлению контроля и надзора за физической защитой ядерных установок, радиационных источников, пунктов хранения, ядерных материалов и радиоактивных веществ, за системами единого государственного учета и контроля ядерных материалов, радиоактивных веществ, радиоактивных отходов (Зарегистрирован в Минюсте РФ 16 апреля 2012 г. N 23845) утвержден приказом Ростехнадзора от 15 декабря 2011 г. № 703.

Регламент конкретизирует, что проверка (инспекция) должна предусматривать:

- 1) расследование причин выявленных аномалий в учете и контроле ядерных материалов;
- 2) расследование нарушений государственного учета и контроля ядерных материалов, причин этих нарушений, фактов, неконтролируемого распространения и использования ядерных материалов;
- 3) контроль устранения нарушений учета и контроля ядерных материалов;
- 4) контроль наличия ядерных материалов в местах их нахождения путем проведения полных или выборочных измерений характеристик ядерных материалов, контроль состояния средств контроля доступа;
- 5) контроль выполнения требований к учету и контролю ЯМ;
- 6) контроль соответствия нормативных документов организации по учету и контролю ЯМ федеральным нормам и правилам;

7) контроль выполнения ранее выданных предписаний;

8) контроль выполнения условий разрешений Ростехнадзора на право ведения работ в области использования атомной энергии, выдаваемых руководящему персоналу объектов использования атомной энергии, обеспечивающему учет и контроль ЯМ;

9) контроль проведения организацией, осуществляющей обращение с ядерными материалами, подготовки и повышения квалификации персонала, осуществляющего учет и контроль ЯМ.

При осуществлении надзора применяются технические средства измерений количества и состава ядерных материалов.

В рамках надзора за системой государственного учета и контроля ядерных материалов ЦМТУ по надзору за ЯРБ осуществляет надзор в 16 организациях, в которых зарегистрированы 135 зон баланса ядерных материалов (ЗБМ).

Всего за 2012 год было проведено 40 проверок по указанным направлениям, из них 6 - с применением технических средств. За первую половину 2013 года проведено 17 проверок, из них с применением технических средств 1.

В ходе проверок в 2012 году выявлено 35 нарушений норм и правил.

В ходе проверок за первую половину 2013 года выявлено 16 нарушений норм и правил, 1 нарушение условий действия лицензии.

По результатам проверок в 2012 году было возбуждено 2 административных дела, привлечено к административной ответственности 1 юридическое лицо и 1 должностное лицо; общая сумма административных штрафов 220 тыс. руб.

В первой половине 2013 года административные дела не возбуждались.

Категория нарушений	Доля, %	Примеры нарушений
Общие требования к наличию лицензий и разрешений, постановке на учет и снятию с учета ядерных материалов	2%	- отсутствие разрешений Ростехнадзора у работников организации; - несоблюдение требований к снятию с учета ядерных материалов при переводе в категорию радиоактивных отходов.
Организация зон баланса материала	2%	- не все помещения с ЯМ включены в ЗБМ.
Система контроля доступа	16%	- не проводится выборочный контроль пломб.
Система измерений	13%	- нарушение сроков пересмотра программ измерений; - отсутствие документально зарегистрированных результатов измерений или несоответствие формы

		протоколов измерений установленным требованиям.
Передачи ядерных материалов	2%	- несвоевременная постановка на учет ядерных материалов.
Проведение физических инвентаризаций	25%	- не подводится баланс по всем ядерным материалам или не рассчитывается погрешность по полученным значениям; - не соблюдаются требования к оформлению приказа о проведении физических инвентаризаций.
Ведение учетной и отчетной документации	7%	- не оформляются (не приведены формы) все требуемые отчетные документы; - ошибки в ведении учетных документов
Организация системы учета и контроля в организации	33%	- в документах по учету и контролю ядерных материалов не определены места образования потерь и процедуры оценки потерь ядерных материалов; - не проводится административный контроль состояния учета и контроля ядерных материалов; проверка знаний/периодичность обучения персонала не ведется (не соблюдается).

Основными причинами недостатков в учете и контроле ядерных материалов являются:

- недостаточное внимание руководителей предприятий к вопросам учета и контроля ядерных материалов;
- недостаточное количество и качество методических документов по практическому выполнению процедур учета и контроля ядерных материалов;
- отсутствие в некоторых организациях единой службы учета контроля ядерных материалов, выполняющей функции по единому методическому обеспечению системы учета и контроля во всех подразделениях, а также функции по административному контролю за состоянием учета и контроля ядерных материалов в своей организации.

Предложения по повышению качества надзорной деятельности.

В отношении перспектив развития надзора необходимо:

- обеспечить юридическую поддержку инспекторов при возбуждении и рассмотрении административных производств, в том числе, в судах;
- разработать классификаторы нарушений, позволяющие однозначно возбуждать дела об административных правонарушениях;
- ввести практику своевременной отмены действующих документов (НП, РД, РБ, Методических указаний) с вводом новых редакций документов, с установленной периодичностью выпускать перечень действующих документов по состоянию на конкретную дату;
- обеспечить доступ инспекторов к базам нормативных документов и периодическим изданиям НТЦ ЯРБ, ГК Росатом в режиме on-line;
- решить кадровую проблему, с целью привлечения молодых и квалифицированных специалистов и уменьшения текучести кадров;
- существенно изменить материальное содержание и материально-техническое обеспечение сотрудников Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, которые в своей деятельности наделены правом принятия решений, имеющих значительные материальные последствия.

NM C&A Violations Analysis

T.M. Anikina – *SEC NRS, Moscow, Russia*

Consideration should be given to:

- classification of violations in the system of nuclear materials control and accounting;
- principal violations in the system of nuclear materials control and accounting revealed in the course of inspection;
- analysis of the causes of violations in the system of nuclear materials control and accounting.



Федеральное бюджетное учреждение
« Научно-технический центр
по ядерной и радиационной безопасности»

Трехсторонний семинар по учету и контролю
ядерных материалов
«Результаты и планы развития Российской
Государственной системы учета и контроля ядерных
материалов»

Анализ нарушений в области учета и контроля
ядерных материалов

Аникина Т. М.,
инженер отдела учета, контроля и
физической защиты ЯМ, РВ и РАО







Обнинск, 12-15 ноября 2013 г.

www.secnrs.ru



Федеральное бюджетное учреждение
«Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности»
ФБУ «НТЦ ЯРБ»

Федеральные органы исполнительной власти, уполномоченные
осуществлять государственное регулирование ядерной, радиационной,
технической и пожарной безопасности при использовании атомной энергии,
в пределах своих полномочий

Министерство Российской Федерации по делам ГО, ЧС и ликвидации последствий стихийных бедствий 	Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации 	Федеральная служба по надзору в сфере природопользования 	Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору 	Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 	Федеральное медико-биологическое агентство 
--	--	---	--	---	---

осуществляют надзор за системой государственного учета и контроля ядерных материалов

разрабатывают, утверждают и вводят в действие в порядке, определенном Правительством Российской Федерации, федеральные нормы и правила в области государственного учета и контроля ядерных материалов

(Статья 26 Постановления Правительства РФ от 06.05.2008 N 352 (ред. от 04.02.2011) "Об утверждении Положения о системе государственного учета и контроля ядерных материалов")



Система государственного учета и контроля ЯМ

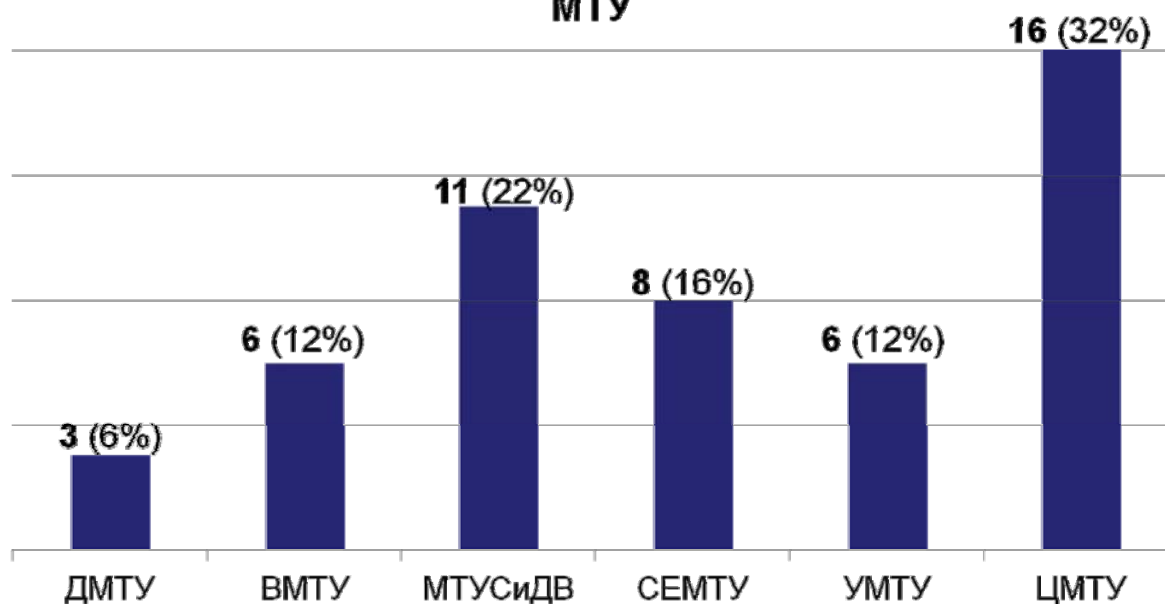
В рамках надзора за системой государственного учета и контроля ядерных материалов Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору осуществляет надзор за 50 организациями, в которых находятся 296 ЗБМ.

Категория ЯМ	Количество организаций	Количество ЗБМ
1	22	80
2	3	11
3	2	15
4	23	190

3

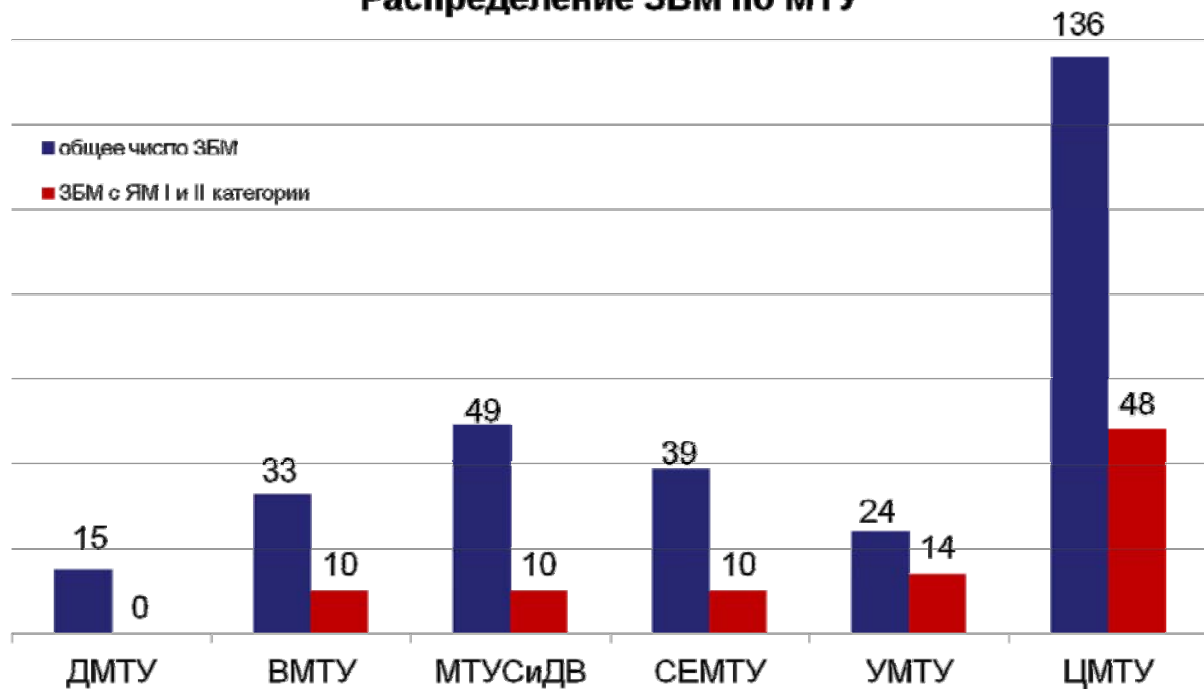


Распределение поднадзорных организаций по МТУ



4

Распределение ЗБМ по МТУ

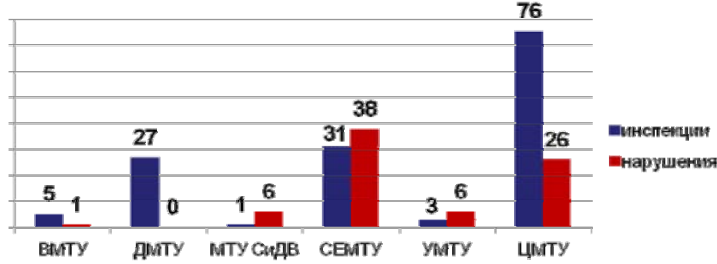


5

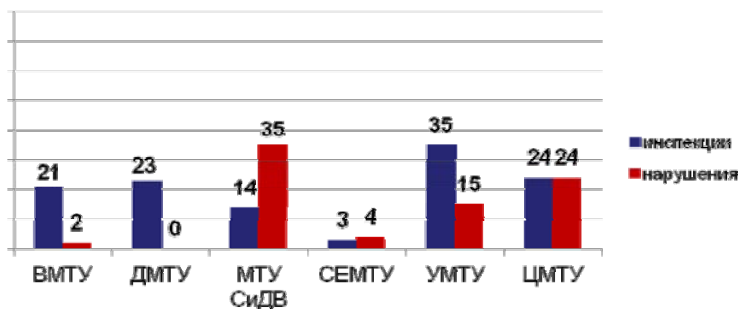
2012		2013	
Инспекции			
143		120	
Целевые	Оперативные	Целевые	Оперативные
56	87	40	80
Инспекции с использованием ТС			
16		17	
Нарушения			
77		80	
ФНП	удл	ФНП	удл
72	5	74	6
Санкции			
2 штрафа (210 тыс. руб.)		2 штрафа (50 тыс. руб.)	

6

Количество инспекций и выявленных нарушений по УК ЯМ в 2012 г.



Количество инспекций и выявленных нарушений по УК ЯМ в 2013 г.



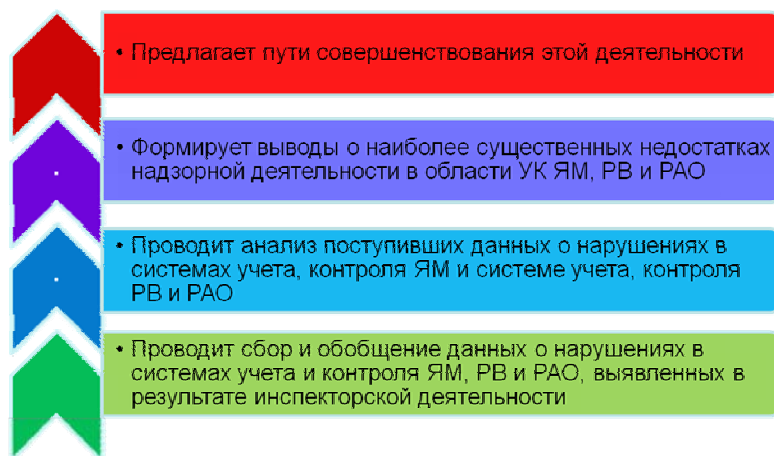
Количество выявленных нарушений на одну проведенную инспекцию

	2012	2013
ВМУ	0,2	0,09
ДМУ	0	0
МУ СиДВ	6	2,5
СЕМУ	1,23	1,33
УМУ	2,0	0,43
ЦМУ	0,34	1,0

7

Сбор и анализ информации по результатам контрольно-надзорной деятельности

НИР «Анализ нарушений в системах учета, контроля и физической защиты ядерных материалов и радиоактивных веществ на объектах использования атомной энергии. Сбор и анализ информации по результатам контрольно-надзорной деятельности» выполняемой ФБУ «НТЦ ЯРБ» в рамках Государственного задания с 2006г.



8



Квартальный отчет о надзоре за СГУК ЯМ образуют формы:

«УК ЯМ-01»,

«УК ЯМ-02»,

«УК ЯМ-03»,

«УК ЯМ-04»;

введенные Положением об отчетности в Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору (РД-03-17-2006).

9



Форма УК ЯМ-01

- Количество поднадзорных организаций
- Количество снятых с учета подзорных организаций
- Количество ЗБМ в поднадзорных организациях
- Количество поставленных на учет ЗБМ
- Количество снятых с учета ЗБМ
- Количество выявленных аномалий
- Количество проведенных целевых инспекций
- Количество проведенных оперативных инспекций
- Количество проведенных инспекций с использованием ТС
- Количество выявленных нарушений ФНП
- Количество выявленных нарушений УДЛ
- Количество выданных пунктов предписаний
- Количество нарушений, не устраненных в предписанные сроки
- Примененные санкции

Форма УК ЯМ-01
Форма отчета о надзоре за системой государственного учета и контроля ядерных материалов

отчет МТУ по надзору за ЯРБ Ростехнадзора
(краткое наименование МТУ)
о надзоре за системой государственного учета и контроля ядерных материалов
в ___ квартале ___ г. На ___ листе. Лист № ___

№ п/п	Наименование сведений	Категория ЯМ			
		I	II	III	IV
1	Количество поднадзорных организаций				
2	Количество поставленных на учет поднадзорных организаций				
3	Количество снятых с учета поднадзорных организаций				
4	Количество ЗБМ в поднадзорных организациях				
5	Количество поставленных на учет ЗБМ				
6	Количество снятых с учета ЗБМ				
7	Количество выявленных аномалий				
8	Количество проведенных целевых инспекций				
9	Количество проведенных оперативных инспекций				
10	Количество проведенных инспекций с использованием технических средств				
11	Количество выявленных нарушений норм и правил				
12	Количество выявленных нарушений УДЛ				
13	Количество пунктов выданных предписаний				
14	Количество нарушений, не устраненных в предписанные сроки				
15	Примененные санкции				
Перечень прилагаемых форм					
Форма	Количество листов	Форма	Количество листов		
Руководитель управления					

10



Форма УК ЯМ-02

- Полное наименование организации
- Краткое наименование организации
- Почтовый адрес организации
- Номер телефона организации
- Номер факса организации
- Адрес электронной почты
- Должность и ФИО руководителя организации
- Должность и ФИО руководителя службы УК ЯМ
- Вышестоящая организация
- Основание постановки на учет и снятия с учета
- Тип установки и (или) вид деятельности
- Виды деятельности по обращению с ЯМ и номера соответствующих лицензий Ростехнадзора

www.secnrs.ru



Форма УК ЯМ-03

- Полное и краткое наименование организации
- Категория ЯМ
- Количество проведенных целевых инспекций
- Количество проведенных оперативных инспекций
- Количество проведенных инспекций с использованием ТС
- Количество выявленных нарушений ФНП
- Количество выявленных нарушений УДЛ
- Количество выданных пунктов предписаний
- Количество нарушений, не устраненных в предписанные сроки
- Номер и дата предписания и краткое описание выявленных нарушений, предписаний и сроков выполнения
- Примененные санкции

www.secnrs.ru

Форма УК ЯМ-02
Справка МТУ по надзору за ЯРБ
(краткое наименование МТУ)
о лицензионных организациях и/или зонах баланса материалов,
поставленных на учет или снятых с учета в ___ квартале 20__ г.
На ___ листах.

№ п/п	Наименование сведений	Конкретные сведения
1	Полное наименование организации	
2	Краткое наименование организации	
3	Почтовый адрес организации	
4	Номер телефона организации	
5	Номер факса организации	
6	Адрес электронной почты	
7	Должность и Ф. И. О. руководителя организации	
8	Должность и Ф. И. О. руководителя службы УК ЯМ	
9	Вышестоящая организация	
10	Постановка на учет	Организация ЗБМ
11	Снятие с учета	Организация ЗБМ
12	Основание постановки на учет или снятия с учета	
13	Тип установки и (или) вид деятельности	
14	Виды деятельности по обращению с ЯМ и номера соответствующих лицензий Ростехнадзора:	
15	Категория ЯМ 16	Вид ЯМ 17
18	ЯМ получен (откуда) или отправлен (куда)	

11

Форма УК ЯМ-03
Форма справки о проведенных инспекциях системы государственного учета и контроля ядерных материалов в отчетном периоде
Справка МТУ по надзору за ЯРБ Ростехнадзора
(краткое наименование МТУ)
о проведенных инспекциях системы государственного учета и контроля ядерных материалов в ___ квартале ___ г.
На ___ листах. Лист № __

№	Наименование сведений	Конкретные сведения
1	Полное и краткое наименование организации	
2	Категория ЯМ	
3	Количество проведенных целевых инспекций	
4	Количество проведенных инспекций оперативных	
5	Количество проведенных инспекций с использованием технических средств	
6	Количество выявленных нарушений норм и правил	
7	Количество выявленных нарушений УДЛ	
8	Количество выданных пунктов предписаний	
9	Количество нарушений, не устраненных в предписанные сроки	
10	Дата, номер предписания и краткое описание выявленных нарушений, предписаний и сроков выполнения	
11	Примененные санкции: санкции не применялись.	

12



Форма УК ЯМ-04

- Полное и краткое наименование организации
- Категория ЯМ
- Вид ЯМ
- Количество ЯМ
- Дата выявления аномалии
- Дата сообщения о выявленной аномалии
- Краткое описание аномалии
- Перечень причин и условий, приведших к аномалии
- Меры, принятые администрацией организации
- Меры, принятые МТУ ЯРБ
- Предложения МТУ ЯРБ

Форма УК ЯМ-04
Форма справки о выявленных аномалиях в системе государственного учета и контроля ядерных материалов в отчетном периоде
Справка МТУ по надзору за ЯРБ Регистрации
о выявленных аномалиях в системе государственного учета и контроля ядерных материалов в ___ квартале ___ года
№ ___ листа. Лист № ___

N п/п	Наименование сведений	Конкретные сведения
1	Полное и краткое наименование организации	
2	Категория ЯМ	
3	Вид ЯМ	
4	Количество ЯМ	
5	Дата выявления аномалии	
6	Дата сообщения о выявлении аномалии	
7	Краткое описание аномалии:	
8	Перечень причин и условий, приведших к аномалии	
9	Меры, принятые администрацией организации:	
10	Меры, принятые МТУ ЯРБ	
11	Предложения МТУ ЯРБ	

13



Типы поднадзорных объектов:

Атомные электрические станции

Предприятия по изготовлению ядерного топлива, обогатительные производства

Предприятия по добыче урана

Химические комбинаты

Предприятия по эксплуатации судовых ядерных установок

Научно-исследовательские организации, учебные институты

14

Территориальное распределение поднадзорных объектов по их типам



Распределение выявленных нарушений по типам поднадзорных объектов

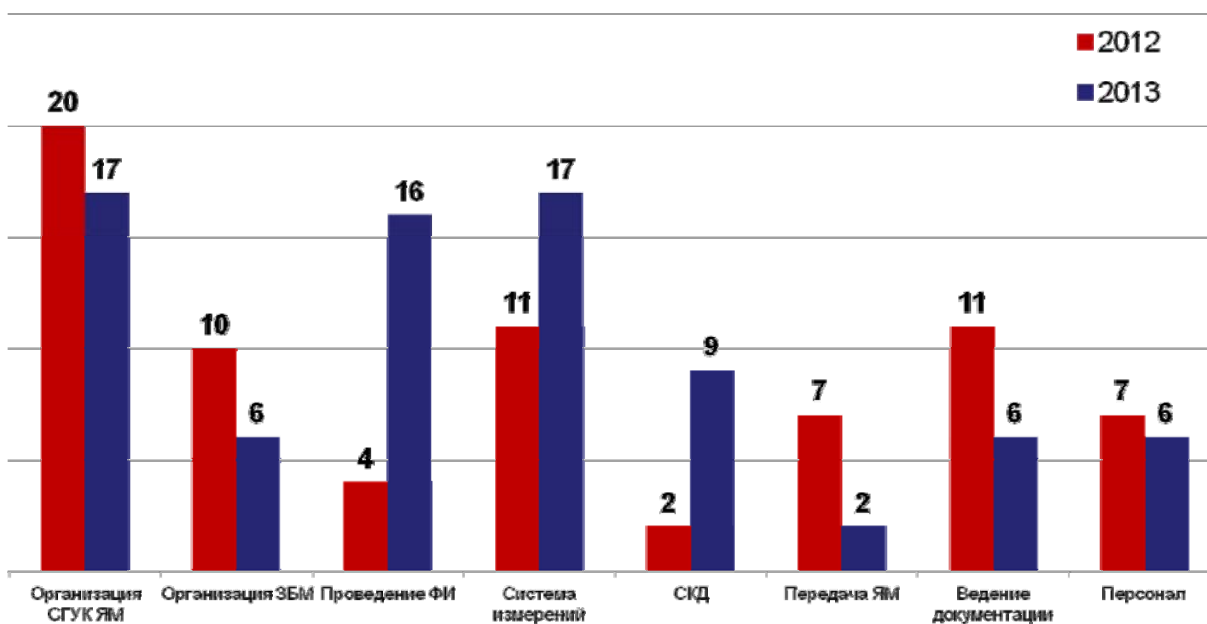


Классификация нарушений по направлению проверки:

1. Нарушения в организации СГУК ЯМ, наличие и соответствие установленным требованиям нормативной и организационно-распорядительной документации по вопросам учета и контроля ЯМ в организации в целом.
2. Нарушения требований к организации ЗБМ.
3. Нарушения в организации применения СКД к ЯМ и обращения с ними.
4. Нарушения, связанные с организацией системы измерений ЯМ, как учетных, так и подтверждающих при проведении ФИ и передачах.
5. Нарушения в процедурах передач ЯМ.
6. Нарушения, связанные с несоответствием требованиям к организации подготовки и проведения ФИ ЯМ.
7. Нарушения при ведении учетной и отчетной документации.
8. Нарушения в организации подготовки и допуска персонала, занятого в учете и контроле ЯМ.

17

Распределение выявленных нарушений по составным частям СГУК ЯМ



18



Выводы

Анализ информации о нарушениях в области учета и контроля ядерных материалов, представленной МТУ за рассматриваемый период, позволяет сделать вывод, что поставленные перед управлениями цели и задачи в части вопросов осуществления надзора за УК ЯМ на поднадзорных предприятиях выполнены, а выявленные нарушения не оказали существенного влияния на состояние СГУК ЯМ в организациях, которое могло бы серьезно препятствовать их дальнейшей эксплуатации.

19



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

20

Session 4

Scientific and technical aspects of State Nuclear Materials Control and Accounting

Determination of Fissile Material Mass in the Fuel of Spent Fuel Assemblies with High Initial Enrichment

**A.V.Bushuev, A.F.Kozhin, V.N.Zubarev, T.B.Aleeva,
E.V.Petrova** *NRNU MEPhI, Moscow*

Consideration should be given to the results of the methodology and measurement system development with the aim to determine residual contents of fissile material in spent FAs from research and transport reactors. The determination is based on the measurement results of induced-fission neutron count rate, with fissions initiated by an external neutron radioisotope source. Both fresh and spent FAs from the IRT-MEPhI research reactor were used for these experiments, with FAs of various design, initial enrichment and different burn-up fraction.

The measurement test facility consists of a prism and polyethylene, with a cavity for a spent FA to be placed there. Inside the cavity there are channels for AmLi-sources, and ^3He -neutron counters are located outside, behind the facility lead shielding.

The residual fissile mass in a spent FA is determined from the calibration curve of induced-fission singlets count rate as a function of fissile material mass.

The advantage of this methodology consists in the fact that it does not require any data related to spent FA irradiation history and its residence time in a cooling pond.

The experiments performed at the IRT-MEPhI research reactor demonstrated that the uncertainty in determination of fissile material contents in spent FAs does not exceed 5%, with only 15 minutes required for the experiments with one FA. This time period does not include the time required for the spent FA to be delivered and installed to the measurement system.

This methodology to determine fissile material mass in spent FAs can be used in the course of batching fuel assemblies to be sent for reprocessing as well as for the receipt check at the radiochemical plant, especially in the case of no passport data for the FA available.

Определение массы делящихся материалов в топливе отработавших ТВС с высоким начальным обогащением

Авторы:

А.Ф.Кожин, А.В.Бушуев, В.Н.Зубарев,
Т.Б.Алеева, Е.В.Петрова, В.Е.Смирнов

Особенности отработавших ТВС исследовательских и транспортных реакторов

- высокое начальное обогащение топлива и большое содержание делящихся материалов в отработавшей ТВС;
- относительно малые размеры ТВС, что облегчает задачу обеспечения их равномерного облучения внешними источниками и выравнивания эффективности регистрации нейтронов, испускаемых со всех участков отработавшей ТВС ;
- сложная история облучения в связи с нестационарным режимом работы реактора: разные уровни мощности, длительные перерывы в работе ;
- наличие собственного нейтронного излучения у отработавших ТВС.

Методика определения массы делящихся материалов в отработавшей ТВС

В основу методики положены измерения скорости счета нейтронов вынужденных делений, вызываемых в отработавшей ТВС нейтронами внешнего изотопного источника.

Скорость счета нейтронов вынужденных делений ($N_{\text{в.дел}}$) определяется по трем независимым измерениям:

- счет собственных нейтронов отработавшей ТВС ($N_{\text{собств}}$);
- счет нейтронов от изотопного источника в отсутствии ТВС ($N_{\text{ист}}$);
- суммарная скорость счета нейтронов ($N_{\text{сумм}}$)

$$N_{\text{в.дел}} = N_{\text{сумм}} - N_{\text{ист}} - N_{\text{собств}}$$

Мощность собственного нейтронного излучения ОТВС зависит от состава топлива, глубины выгорания и времени выдержки. Собственное нейтронное излучение у свежих ТВС практически отсутствует.

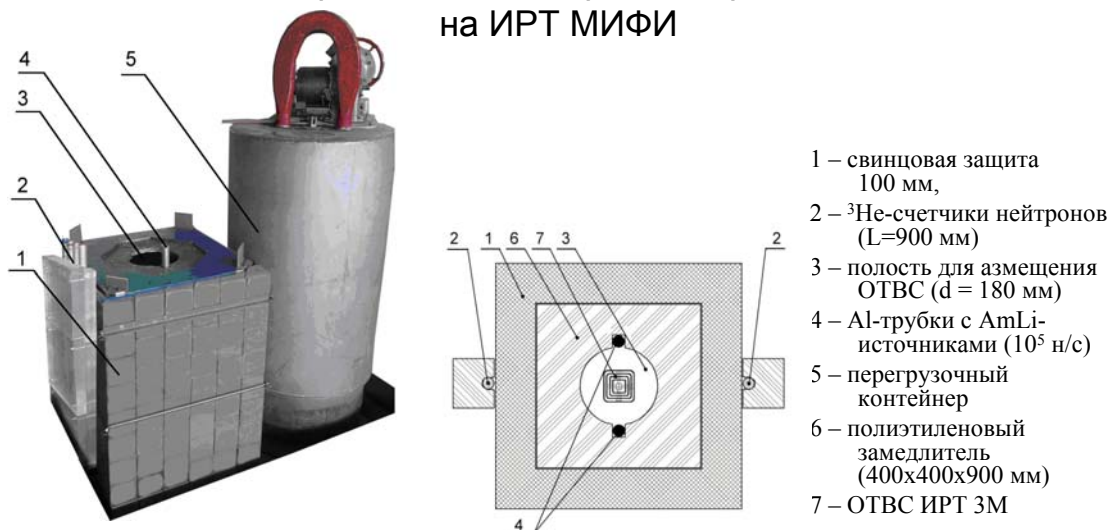
Фон нейтронов источника зависит от его мощности. Это постоянная величина для заданной конструкции стенда.

Доля нейтронов от вынужденных делений зависит от массы делящихся материалов в ТВС, от типа изотопного источника и от конструкции стенда.

По результатам измерений с необлученными эталонными образцами известной массы и обогащения строится градуировочная зависимость скорости счета нейтронов вынужденных делений от массы ^{235}U .

Масса делящихся материалов определяется по градуировочной зависимости по результатам измерения скорости счета нейтронов вынужденных делений в отработавшей ТВС.

Стенд для определения выгорания отработавших ТВС на ИРТ МИФИ



- Стенд установлен на канале шахты-хранилища с отработавшими ТВС.
- Для доставки ОТВС в стенд перегрузочный контейнер устанавливается на верхнюю плоскость стенда.
- Расположение счетчиков нейтронов и источников во взаимно перпендикулярных плоскостях обеспечивает максимальную долю нейтронов вынужденных делений в суммарной скорости счета.

Достоинства предлагаемой методики:

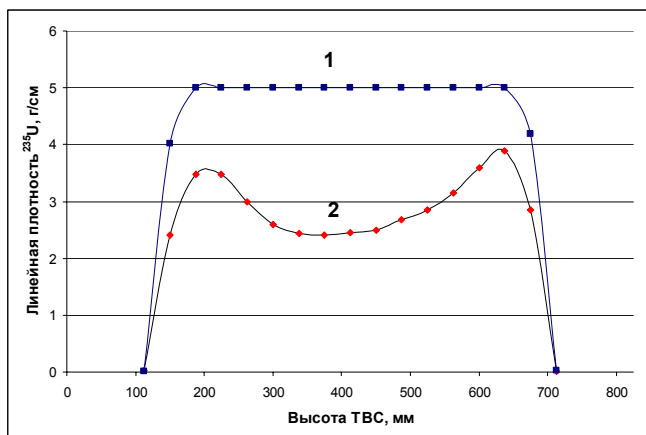
- не требуются данные об истории облучения и времени выдержки отработавших ТВС;
- простая конструкция стенда, изготавливаемого из доступных материалов;
- достаточно простое электронное оборудование, необходимое для счета одиночных импульсов от ^3He -счетчиков нейтронов;
- при анализе малоразмерных отработавших ТВС не требуется выполнять сканирование по длине ТВС, т.к. можно сразу получить отклик от всего содержащегося в них делящегося материала, что упрощает и ускоряет процесс измерений.

Недостатки методики:

- мощность изотопных AmLi -источников должна быть не меньше мощности собственного нейтронного излучения измеряемых отработавших ТВС;
- необходим набор стандартных образцов разной массы и обогащения для построения градуировочных зависимостей скорости счета нейтронов вынужденных делений от массы делящегося материала;
- неравномерное выгорание урана в ОТВС требует выравнивания плотности потока нейтронов по всей длине топливного столба и эффективности регистрации нейтронов от каждого участка ОТВС.

5

Распределение линейной плотности ^{235}U по высоте ТВС



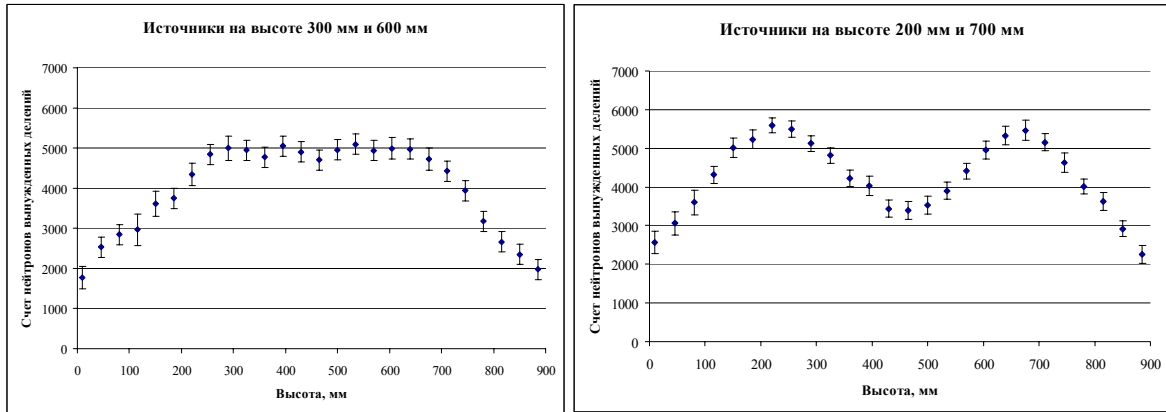
1 – свежая ТВС

2 – ТВС с выгоранием 35%

Градуировка измерительной системы выполняется с необлученными ТВС или их частями с равномерным распределением урана по длине топливного столба. Выгорание ТВС происходит неравномерно, поэтому для исключения систематических погрешностей в получаемых результатах необходимо выполнить условие: произведение плотности потока нейтронов внешнего источника $\Phi(z)$ на эффективность регистрации нейтронов вынужденных делений $\varepsilon(z)$ должно быть одинаковым по всей высоте топливного столба измеряемой ОТВС:

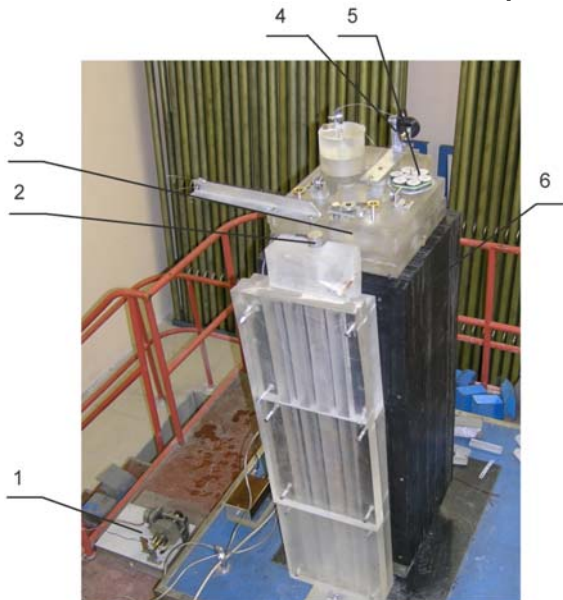
$$R(z) = \Phi(z) \cdot \varepsilon(z) = \text{const}$$

Распределение функции $R(z)$ по высоте стенда для двух стационарных источников



Чтобы обеспечить равномерную функцию $R(z)$ на всю длину топливного столба ТВС, потребуется разместить по высоте стенда несколько источников нейтронов одинаковой мощности. Чем больше длина ТВС, тем больше потребуется источников.

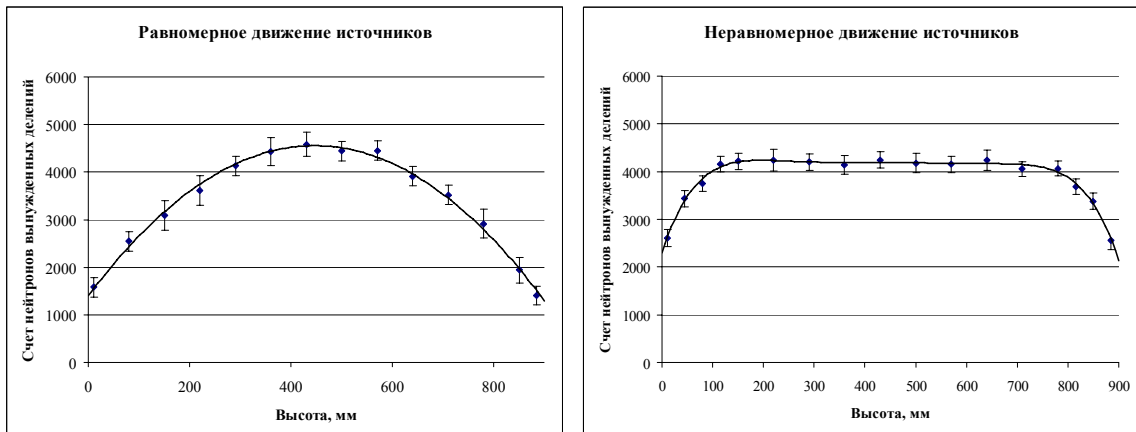
Макет стенда для определения содержания делящихся материалов в ТВС



- 1 – механизм перемещения $AmLi$ - источников,
- 2 – 3He -счетчик нейтронов,
- 3 – верхний торцевой отражатель,
- 4 – механизм перемещения уранового образца,
- 5 – образец из обогащенного урана ($m = 25 \text{ г } ^{235}\text{U}$)
- 6 – полиэтиленовый замедлитель

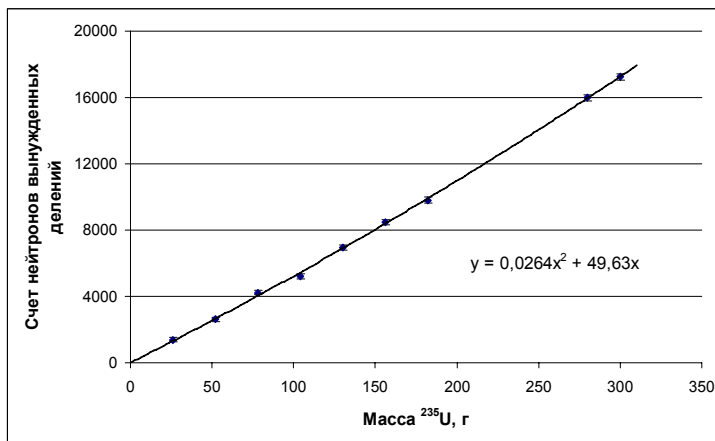
Перемещением источников в процессе измерения можно моделировать равномерный или неравномерный по мощности источник по высоте стенда. Скорость перемещения источника задается программно через управляющую плату в компьютере U-8554.

Распределение функции $R(z)$ по высоте стенда



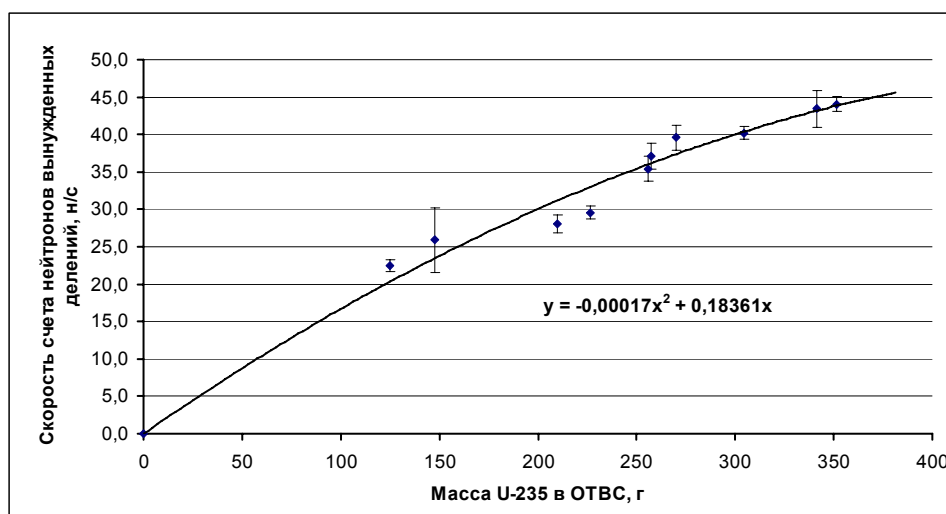
Правильно подобранный профиль скорости движения источников по высоте стенда обеспечивает равномерное распределение функции $R(z)$ на полную длину топливного столба ТВС ИРТ-3М (600 мм).

Построение градуировочной кривой с использованием свежих ТВС ИРТ-3М (обогащение 90%)



В построении градуировочной зависимости участвовали семь композиций из четвертых труб от четырехтрубных ТВС и две полные ТВС ИРТ-3М – шести- и восьмитрубная. Различия в конструкции не оказали заметного влияния на форму градуировочной кривой.

Измерение зависимости скорости счета нейтронов вынужденных делений в отработавших ТВС от остаточной массы ^{235}U .



Измерения проводились с отработавшими ТВС ИРТ-3М (обогащение 90%) и ИРТ-2М (обогащение 36%). Масса ^{235}U была взята из предыдущих экспериментов с ОТВС и из расчета.

11

Итоги работы

1. Разработана схема измерительной системы, определены и апробированы ее компоненты в качестве которых использовались AmLi - источники нейтронов, ^3He -счетчики нейтронов, полиэтиленовый замедлитель, свинцовая защита счетчиков и персонала от гамма-излучения измеряемых ОТВС.
2. Полученные результаты подтверждают возможность определять содержание делящихся материалов в отработавших ТВС исследовательских и транспортных реакторов.
3. Анализ полученных результатов показал, что погрешность определения делящихся материалов в отработавших ТВС не превышала 5%, при расходе времени 15 мин. на опыты с одной ТВС, не считая времени доставки ТВС в измерительную систему. Данная погрешность может быть уменьшена путем оптимизации конструкции стенда и создания системы точного позиционирования измеряемой ТВС в полости стенда.

12

Публикации

- Journal of Nuclear Materials Management, Winter 2007, vol. XXXV, № 2, p. 12. «Non – Destructive Assay of Nuclide Composition in Spent Fuel Assemblies from a Research Reactor by Repeat Irradiation and Gamma – Spectrometric Measurement»
- Ядерная физика и инжиниринг, 2010, том 1, № 1, с. 39–46 «Разработка методик контроля выгорания и остаточного содержания делящегося материала в отработавших ТВС исследовательских реакторов»
- Атомная энергия «Мобильный стенд для измерения содержания делящихся материалов в ОТВС исследовательских и транспортных реакторов» № , стр. 2013 г.

Development of the Methods to Measure Uranium-235 Contents in Depleted and Natural Uranium Using High - and Low-Resolution Gamma-Spectrometers

Yu.A. Gradoboev, N.V. Skovoroda – *JSC Chepetsky*

Mechanical Plant, Glazov,

V.V. Talanov, N.S. Rykov, S.A. Bogdanov – *FSUE SSC RF -*

IPPE, Obninsk

Consideration should be given to the results of measurement methodologies development to measure uranium-235 in depleted and natural uranium at the Chepetsky Mechanical Plant. The methodologies were developed for the NMC&A purposes; they allow operational measurements to be made at finished products storage facilities without any need in transportation of large-sized containers and sampling.

As a result, three measurement methodologies were developed:

- a methodology to measure uranium enrichment by a NaI detector and IMCA computer code;
- a methodology to measure uranium enrichment by an HPGe detector and IMCA computer code;
- a methodology to measure uranium mass fraction by an HPGe detector and MGAU computer code.

Consideration is given to the results of studying various influencing factors, obtained with reference materials and working reference samples, as well as those of calibration measurements and determination of methodology metrological characteristics.

Разработка методик измерений массовых долей ^{235}U в уране с помощью гамма спектрометра Inspector-2000

Градобоев Ю.А., Сковорода Н.В - ЧМЗ, Глазов,
Таланов В.В., Рыков Н.С. Богданов С.А. – ГНЦ РФ-ФЭИ, Обнинск

Введение

В докладе приведены результаты работы, выполненной специалистами ФГУП ГНЦ РФ-ФЭИ по контракту между ФГУП ГНЦ РФ-ФЭИ и SSM (Швеция) на оказание консультационных услуг ОАО «ЧМЗ» в разработке методик измерения (МИ) массовой доли урана при помощи гамма-спектрометра Inspector-2000 с детекторами NaID и HPGe.

Необходимость разработки МИ, обусловлена тем, что на складах ОАО «ЧМЗ» находится множество контейнеров, с различными урансодержащими материалами. При проведении подтверждающих измерений и для дальнейшей сортировки этих контейнеров, необходим оперативный контроль массовой доли (м.д.) ^{235}U в уране.

Для разработки МИ м.д. ^{235}U в уране и обогащения урана специалистами ОАО «ЧМЗ» были выполнены измерения стандартных образцов и контейнеров с урансодержащим материалом для набора экспериментальных данных для расчета специалистами ГНЦ РФ-ФЭИ метрологических характеристик трех МИ:

МИ обогащения урана с помощью спектрометрической станции Inspector-2000 и детектора NaID. Программа IMCA;

МИ обогащения урана с помощью спектрометрической станции Inspector-2000 и детектора HPGe. Программа IMCA;

МИ изотопного состава урана с помощью спектрометрической станции Inspector-2000 и детектора HPGe. Программа MGAU.

Описание образцов, использовавшихся для набора данных

Для оценки составляющих погрешности разрабатываемых МИ измерялись рабочие и стандартные образцы (СО).

Для оценки систематической составляющей погрешности проводились измерения с использованием СО, которые представляют собой диски металлического урана диаметром 70 мм и высотой 10 мм. СО упакованы в контейнеры из нержавеющей стали диаметром 75 мм и высотой до 12 мм. Массовая доля ^{235}U в уране для каждого СО, была аттестована по результатам масс-спектрометрических измерений, выполненных специалистами ОАО «ЧМЗ». СО были изготовлены в соответствии с техническим заданием, разработанным в рамках данной задачи. Характеристики изготовленных образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики СО.

Матрица	Массовая доля ^{235}U в уране, %
Металл	0,23
Металл	0,28
Металл	0,30
Металл	0,71
U_3O_8	0,71
ПУА	0,71
ТФУ	0,71

Проведение измерений

Для определения оптимального времени набора одного спектра были проведены исследования по влиянию времени измерения на относительное среднеквадратическое отклонение (ОСКО) результата измерения м.д. ^{235}U при помощи программы MGAU. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость времени измерения на ОСКО результата измерения м.д. ^{235}U .

Время измерения, сек	600	1000	1200
ОСКО, %	5,28	4,20	4,54

Исходя из полученных результатов, время набора одного спектра было выбрано равным 1000 секунд.

Для оценки случайной составляющей погрешности были измерены рабочие образцы, которые представляют собой 200 литровые бочки с закисью-окисью урана. Характеристики контейнеров (бочек) были получены из паспортных данных.

Спектрометрической станцией Inspector-2000 были проведены измерения стандартных и рабочих образцов. По результатам измерений было определено влияние на точность измерений следующих факторов:

- изотопного состава образца;
- качество градуировки (для программы IMCA);
- стенки контейнера;
- матрицы образца.

Для расчета случайной составляющей погрешности были проведены измерения трёх 200 литровых бочек закиси-окиси урана (U_3O_8) с м.д. ^{235}U равной 0,16%, 0,33% и 0,71%. Была проведена проверка нормальности результатов измерений и подтверждена однородность дисперсий в диапазоне от 0,20% до 0,71% м.д. ^{235}U в уране (для IMCA с детектором NaID), и диапазонах от 0,20% до 0,33% и свыше 0,33% до 0,71% м.д. ^{235}U в уране (для IMCA с детектором HPGe и MGAU). Нижней точкой диапазонов была выбрана м.д. ^{235}U в уране равная 0,20%, т.к. отсутствуют стандартные образцы со значением м.д. ^{235}U , равной 0,16%.

На рисунке 1, представлен график зависимости ОСКО результата измерения от м.д. ^{235}U в уране на примере результатов, полученных при помощи программы IMCA с использованием детектора HPGe.

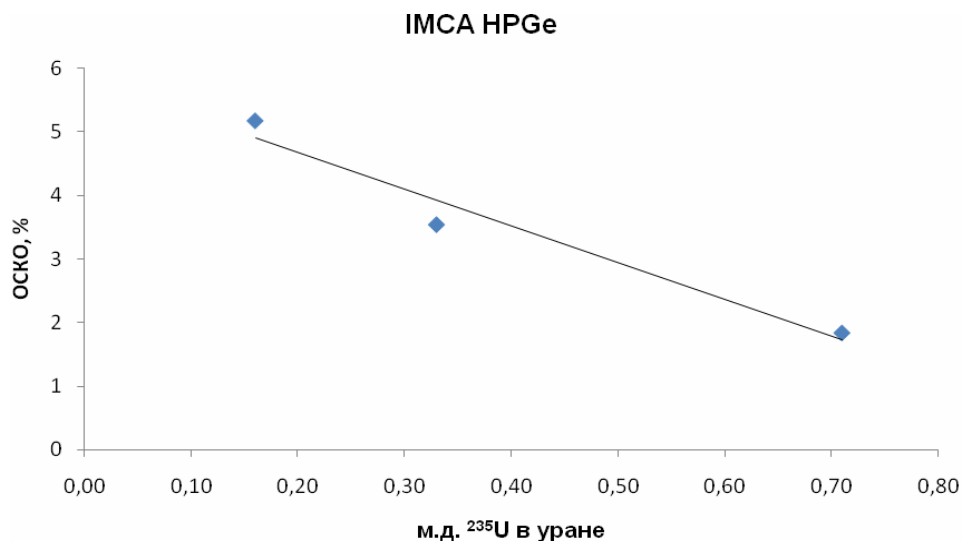


Рисунок 1 – Зависимость ОСКО результата измерения от м.д. ^{235}U в уране

Для исследования влияния матрицы образца на результат измерения м.д. ^{235}U в уране проводились измерения стандартных образцов с различными матрицами (закись-окись урана, полиуронат аммония, тетрафторид). При этом стенка контейнера у всех образцов была равна 1мм, а м.д. ^{235}U в уране 0,71 %. На рисунке 2 представлено сравнение результатов измерения м.д. ^{235}U в уране, полученных при помощи программы IMCA с детектором NaID с паспортными значениями СО.

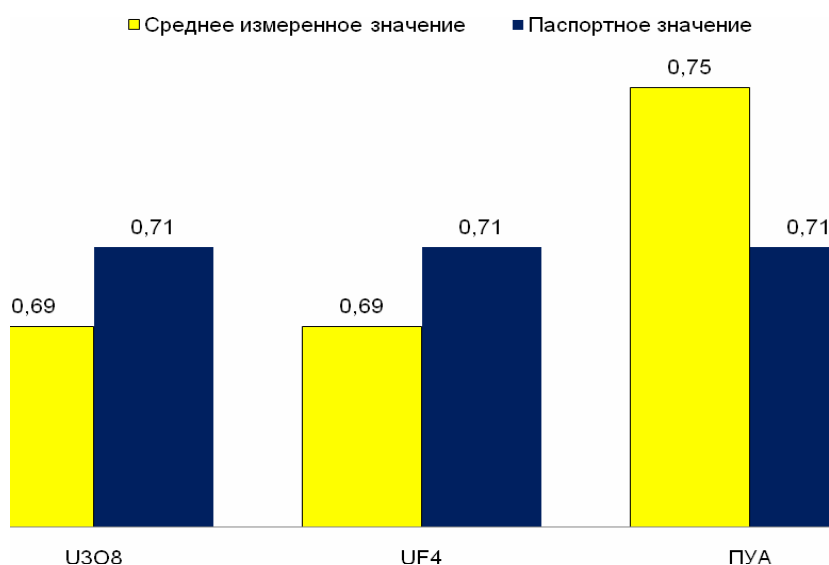


Рисунок 2 – Сравнение полученных данных (IMCA) с паспортными значениями

Из рисунка 2 видно, что максимальное отклонение наблюдается на матрице ПУА (полиуронат аммония). Это объясняется тем, что эта матрица имеет самую сложную химическую формулу и не представлена в списке химических формул урана программы

IMCA. Для измерения таких образцов выбиралась матрица «UN» как наиболее близкая по химическому составу к ПУА.

На рисунке 3 представлено сравнение результатов измерения м.д. ^{235}U в уране, полученных при помощи программы MGAU с паспортными значениями СО.

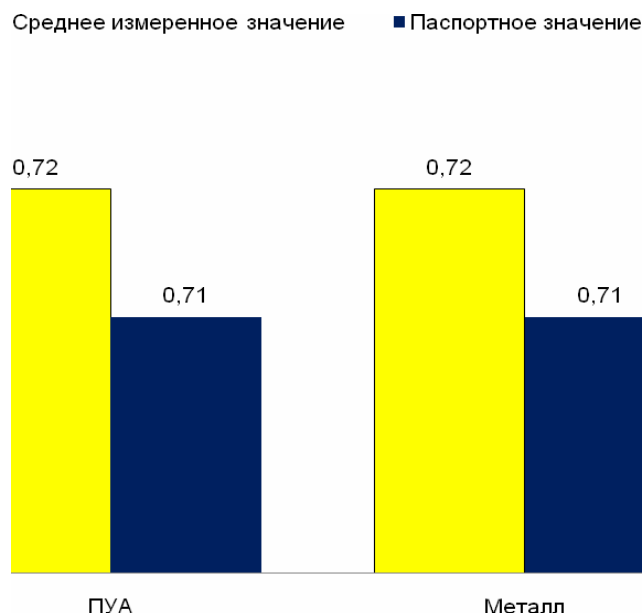


Рисунок 3 - Сравнение полученных данных (MGAU) с паспортными значениями

Из рисунка 3 видно, что матрица ПУА, в случае измерения при помощи программы MGAU, не вносит большого вклада в результат, в отличии от IMCA.

Влияние толщины стенки контейнера было определено по результатам измерений стандартных образцов полиураната аммония и тетрафторида урана с м.д. ^{235}U в уране 0,71% и 0,23% (для каждого диапазона был выбран свой стандартный образец), с различными стенками контейнера: 0,5 мм, 1 мм, 1,5 мм, 2 мм и 3 мм. В таблицах 3 и 4 представлено сравнение ОСКО результатов измерений м.д. ^{235}U в уране для СО рассчитанное по результатам полученным с помощью различных программ.

Таблица 3 – Сравнение ОСКО результатов измерений м.д. ^{235}U при измерении металлического СО с м.д. ^{235}U в уране 0,71 %.

м.д. ^{235}U в уране 0,71 %			
Толщина стенки	ОСКО, %		
	IMCA NaID	IMCA Ge	MGAU
0,5 мм	0,84	1,05	4,35
3,0 мм	1,52	1,22	6,23

Таблица 4 – Сравнение ОСКО результатов измерений м.д. ^{235}U при измерении металлического СО с м.д. ^{235}U в уране 0,23 %.

м.д. ^{235}U в уране 0,23 %		
Толщина стенки	ОСКО, %	
	IMCA Ge	MGAU
0,5 мм	3,82	9,56
3,0 мм	6,11	11,10

Результаты вычислений случайной составляющей погрешности измерений $\epsilon_{\text{отн}}$, относительной неисключенной систематической составляющей погрешности измерений Θ и относительной суммарной погрешности измерений δ в зависимости от числа параллельных определений, а также характеристики сходимости $\sigma_{\text{сх}}$ и правильности $\Theta_{\text{с}}$ при доверительной вероятности $P=0,95$ представлены в таблицах 5 - 7.

Таблица 5 - Рассчитанные характеристики погрешности измерений м.д. ^{235}U в уране при $P = 0,95$ для программы IMCA с детектором NaID.

Диапазон	$\Theta_{\text{с}}, \%$	$\sigma_{\text{сх}} (\delta), \%$	$\Theta, \%$	$\epsilon_{\text{отн}}, \%$		$\delta, \%$	
				n=1	n=3		
0,20 - 0,71	3,2	4,0	7,5	7,7	4,5	10,7	8,7

Таблица 6 - Рассчитанные характеристики погрешности измерений м.д. ^{235}U в уране при $P = 0,95$ для программы IMCA с детектором HPGe.

Диапазон	$\Theta_{\text{с}}, \%$	$\sigma_{\text{сх}} (\delta), \%$	$\Theta, \%$	$\epsilon_{\text{отн}}, \%$		$\delta, \%$	
				n=1	n=3	n=1	n=3
0,20 - 0,33	3,20	5,45	7,87	10,68	6,17	13,27	10,00
Свыше 0,33 до 0,71	1,53	3,47	6,39	6,81	3,93	9,33	7,50

Таблица 7 - Рассчитанные характеристики погрешности измерений м.д. ^{235}U в уране при $P = 0,95$ для программы MGAU.

Диапазон	$\Theta_{\text{с}}, \%$	$\sigma_{\text{сх}} (\delta), \%$	$\Theta, \%$	$\epsilon_{\text{отн}}, \%$		$\delta, \%$	
				n=1	n=3	n=1	n=3
0,20 - 0,33	3,35	12,36	7,06	24,24	13,99	25,24	15,67
Свыше 0,33 до 0,71	1,82	8,04	5,35	15,75	9,09	16,64	10,55

Из полученных данных видно, что самую большую погрешность измерения даёт программа MGAU. Это объясняется тем, что код MGAU использует низкоэнергетическую область спектра, и статистика пиков за установленное время измерения будет хуже по сравнению с монопиком 185,7 кэВ, который используется для анализа в программе IMCA.

При использовании программы IMCA, как и ожидалось, более низкие погрешности были получены при измерении с детектором, на основе кристалла из высокочистого германия (HPGe), так как этот тип детектора, который обеспечивает лучшую статистику пика при низком обогащении урана.

Заключение

В результате проведенных работ были выполнены исследования для обоснования метрологических характеристик для трех МИ массовой доли ^{235}U в уране. Данные работы включили в себя следующие этапы:

- Специалистами ОАО «ЧМЗ» был изготовлен комплект СО для определения систематической составляющей погрешности измерения разрабатываемых МИ;
- Специалистами ОАО «ЧМЗ» были определены контейнеры (бочки) с урансодержащим материалом для выполнения исследований для определения случайной составляющей погрешности измерения разрабатываемых МИ;
- Были проведены градуировочные измерения для исследования метрологических характеристик МИ с помощью гамма-спектрометра Inspector-2000 с детекторами NaID и HPGe и программы IMCA. Были выполнены измерения образцов с помощью детекторов высокого и низкого разрешения для исследования влияющих на погрешность измерения факторов;

По результатам измерений были рассчитаны характеристики составляющих погрешности для трех МИ.

The research of Applicability of Gamma-Spectrometric Systems for the Measurements of Uranium Mass in the Fixed Rests Contained in the Technological Tanks after the UF₆ Evaporation

G.M. Bezunov, V.V. Talanov, B.G. Ryazanov – *FSUE SSC RF - IPPE, Obninsk*

Consideration should be given to the results of research into uranium mass and its spatial distribution in non-volatile residues in the tanks designed to transport uranium hexafluoride after its evaporation. Gamma-ray spectrometers of low and high resolution were used for the research purposes.

The low-resolution spectrometers were shown not to be applicable for quantitative measurements; they can only be used to perform qualitative evaluation of activity distribution inside the container and, in some cases, to measure uranium-235 mass surface density (MSD) on the container walls.

With the use of high-resolution spectrometers based on the HPGe detector the U-235 mass values were measured in hold-up of six containers after unloading uranium hexafluoride, with uranium of various enrichment, from natural up to 5 %, from various supplying plants, various time of uranium hexafluoride loading and unloading. It was shown how hold-up was distributed round the container bottom and walls.

The approach of accounting self-attenuation of recorded gamma radiation in hold-up was proposed to be used by the method of differential peaks in the spectra under measurement, that contain clearly seen gamma-peaks of non-evaporable U-238 daughter products.

Consideration should be given to the comparison of the uranium mass values obtained as a result of gamma-spectrometric measurements with the weight data.

The measurement results have confirmed the feasibility to determine U-235 mass in the residues left in the shipment tanks by the gamma-spectrometry method after unloading uranium hexafluoride. These results make it possible to assume that uranium in residues is primarily not in the form of hexafluoride.

Исследование применимости гамма-спектрометрических систем для измерения массы урана, содержащегося в нелетучих остатках в технологических емкостях для ГФУ урана после его испарения

ГНЦ РФ-ФЭИ

Г.М. Бежунов, С.А. Богданов, В.В. Таланов, Б.Г. Рязанов

Введение

При операциях по перевозке гексафторида урана (ГФУ) используются специальные контейнеры (баллоны). Процедура заполнения баллонов гексафторидом урана на заводах-изготовителях ГФУ обычно проводится путем десублимации его из газовой фазы на внутренней поверхности баллона. Неконденсируемые примеси при этом непрерывно откачиваются из баллона через отсосную трубку, конец которой располагается в центре нижней части баллона. По окончании заполнения продукт в баллоне объемом $\sim 1 \text{ м}^3$ представляет собой цилиндрический стакан с толщиной слоя около 175 мм, продукт находится на стенках баллона и обладает высокой адгезионной способностью.

Процесс извлечения ГФУ из баллона регламентирован техническими условиями ТУ 95 466-2007. При этом максимальный вес нелетучего остатка не должен превышать 1% от максимальной массы нетто ГФУ (около 3 тонн), заправляемого в контейнер. Процессы испарения могут быть организованы различными способами, но обычно часть урана остается в баллоне после завершения процесса. В баллоне могут происходить различные реакции ГФУ с другими веществами, поскольку ГФУ является химически активным соединением и может вступать в реакции со многими металлами, образуя плохо летучие низковалентные фториды урана. ГФУ может также вступать в реакции с углеводородами, водяными парами и т.д.

Процедура учета урана построена на использовании результатов весовых измерений. После испарения ГФУ контейнер взвешивается на заводе-получателе. Оценку оставшегося в контейнере урана получают по разности веса-брутто «пустого» контейнера и «веса тары», которая представляет из себя вес контейнера после его специальной отмывки от остатков.

При таком определении массы урана в контейнере остается открытым вопрос, какие химические соединения (содержащие уран или не содержащие) остаются преимущественно в контейнере. Если точная формула химических соединений не известна, вес остающегося урана может определяться таким образом не совсем корректно. Погрешность взвешиваний может составлять несколько килограммов.

В докладе приведены результаты исследований возможности применения гамма-спектрометрических методов измерений для определения массы урана в остатках в контейнерах после испарения ГФУ.

Условия измерений

Исследования проводились двумя спектрометрическими системами. В качестве объектов выбраны контейнеры объемом 1 м^3 , из которых был испарен ГФУ. Внешний вид контейнера приведен на рис. 1.



Рис. 1. Контейнер для транспортировки ГФУ объемом 1 м^3 .

Контейнер представляет собой цилиндр внутренним диаметром 90 см, общей высотой ~ 180 см со сферическими торцевыми поверхностями и конструкциями для установки контейнера в местах обращения с ним. Толщина стальной стенки контейнера 14 мм, вес пустого контейнера ~ 920 кг, вес ГФУ в контейнерах около 3 т.

Выбранные для измерений 6 контейнеров были поставлены разными предприятиями-изготовителями ГФУ. Контейнеры имели различные даты заполнения ГФУ, различались также обогащением урана по урану-235 - от 0,71 % до 4,99 %.

Характеристики контейнеров, выбранных для проведения исследований, приведены в таблице 2.

Таблица 2. Характеристики выбранных для измерений «пустых» контейнеров.

Номер контейнера	Номинальное обогащение урана, %	Дата наполнения	Вес остатка в баллоне по взвешиванию, кг
218	4,95	Авг. 12	5,38
297	4,95	Авг. 12	4,1
41	4,95	Май 10	4,6
419	2,8	Май 12	5,08
320	4,4	Май 12	5,38
100	0,711	Авг. 12	4,34

Относительная погрешность взвешиваний оценивается в 0,1 %. Измерения были организованы следующим образом: контейнер устанавливался на специальную подставку вертикально. Расстояние от пола до нижней точки дна контейнера составляло ~ 1 м. Для всех контейнеров выполнялись измерения спектров с использованием спектрометрической станции Inspector-2000 [1]. Использовался планарный детектор на основе кристалла HPGe с коллиматором диаметром 25 мм и боковой защитой кристалла из вольфрамового сплава. Для набора и обработки спектров использовались программа «набор и анализ спектров» и программный комплекс Genie-2000 [2].

Детектор устанавливался вертикально под контейнер по оси, проходящей через центр контейнера. Чувствительный элемент детектора ориентировался на дно контейнера на расстоянии 67 см от него. Длительность измерений по «живому» времени составляла 1000 с.

Все контейнеры кроме измеряемого убирались от места измерения на расстояние не менее 5 м. Проводились измерения фона, при этом отверстие коллиматора закрывалось заглушкой из свинца толщиной 5 мм (для подавления линии 185 кэВ) и стальной заглушки толщиной 8 см для экранирования жесткого гамма-излучения от объекта измерений. Вклад фона вычитался для каждого пика в измеренных спектрах от контейнера.

Для определения степени неравномерности распределения остатка по дну контейнера проводились контактные измерения с расположением детектора вплотную к поверхности дна на различном расстоянии от оси контейнера.

Измерения спектров также выполнялись с размещением детектора перпендикулярно боковой поверхности контейнера для определения массовой поверхностной плотности (МПП) урана-235 и ее неравномерности по боковой стенке. Измерения выполнялись в 4-х точках по высоте контейнера от 25 см до 150 см от дна.

Для проверки возможности выполнения измерений спектрометром с низким разрешением проводилась серия измерений с использованием спектрометра «Колибри», имеющего в качестве детектора кристалл NaI размером Ø25*25 мм с коллиматором и защитой из вольфрама. Проводились измерения гамма-спектров контактным способом со стороны дна контейнеров и по поверхности боковой стенки.

Градуировка измерительной аппаратуры

Для градуировки спектрометра по энергии и эффективности регистрации были выполнены градуировочные измерения. Градуировка по энергии проводилась с использованием источников ОСГИ. Шкала анализатора выбиралась такой, чтобы обеспечить регистрацию гамма-излучения с энергией до 1020 кэВ при числе каналов 8196. Для градуировки по эффективности использовались стандартные образцы в виде дисков металлического урана. Масса урана в образце №1 – 150,3 г., обогащение по урану-235 36,4 %. Урановый сердечник находится в оболочке из нержавеющей стали толщиной 0,3 мм. Образец №2 - диск металлического урана с обогащением 0,42 % в алюминиевой оболочке толщиной 0,3 мм с массой урана 296,8 г. Диаметр дисков №1 и №2 - 46,7 мм.

Диски размещались на расстоянии 18,5 см от кристалла детектора на специальной подставке. Проводились измерения гамма-спектров за время 8000 с. Для моделирования ситуации, когда уран распределен по поверхности в виде круга заданного диаметра, использовалась специальная конструкция из листа нержавеющей стали толщиной 1 мм, на который укладывались диски металлического урана с обогащением 36,4 % в виде сектора круга. Детектор располагался на расстоянии 67 см от листа стали с дисками, ось его проходила через центр круга, сектор которого был смоделирован дисками урана. Диаметр

круга определялся из измерений формы остатка на дне контейнера. Оказалось, что слой остатка представляет из себя диск диаметром ~ 50 см в центральной области контейнера. Кроме того, часть урана находится на боковой стенке контейнера.

Таким образом определялась абсолютная эффективность регистрации детектором гамма-пиков с различной энергией от 143 кэВ до 1001 кэВ. Из измерений с сектором круга из металлического урана определялись абсолютные эффективности регистрации наиболее интенсивных пиков – 185 кэВ, 766 кэВ, 1001 кэВ. Эффективности регистрации для остальных линий определялись из измерений на расстоянии 18,5 см с перенормировкой по перечисленным трем линиям, измеренным также на расстоянии 67 см.

Для получения абсолютных значений эффективности вводились полученные расчетные поправки на самопоглощение гамма-пиков в уране, поглощение в оболочке диска и в стальном листе. Значение поправки на самопоглощение определялось по формуле:

$$C_{fi} = \mu\rho X / (1 - e^{-\mu\rho X}) \quad (1)$$

где:

μ – коэффициент поглощения гамма-излучения в материале, см²/г;

X – толщина ЯМ в пластине, см;

ρ – удельная плотность ЯМ, г/см³;

$K_{g_i} = (D_i/2r)^2 / \ln[1 + (D_i/2r)^2]$ – приближенный коэффициент геометрической поправки на «неточечность» образца;

D_i – диаметр (максимальный размер) области с ЯМ диска, см;

r – расстояние от детектора до центра образца, см.

Поправка на поглощение в оболочке K_{cov} вычислялась по формуле:

$$K_{cov} = e^{\mu\rho\Delta} \quad (2)$$

μ – коэффициент поглощения гамма-излучения в алюминии или в стали, см²/г;

ρ – удельная плотность алюминия (стали) в оболочке, г/см³;

Δ – толщина оболочки, см.

В таблице 3 приведены данные по градуировке детектора с использованием диска с обогащением 36,4 %. Значение интенсивности регистрации пика с энергией 185,7 кэВ для диска определялось с погрешностью не хуже 1 %.

Эффективность определяется по формуле:

$$\epsilon = S_i * C_{fi} * K_{cov} / (Y_i * A_{iz} * M_{iz}) \quad (3), \text{ где:}$$

S_i – площадь пика i с энергией E_i ;

C_{fi} – поправка на самопоглощение линии i ;

Y_i – выход линии i , 1/Бк;

A_{iz} – удельная активность изотопа, Бк/г;

M_{iz} – масса изотопа в образце, г.

Таблица 3. Определение эффективностей регистрации линий с использованием диска металлического урана с обогащением 36,4 %. Время набора спектра 3000 с.

Масса изотопа в диске, г	Энергия линии, кэВ	Поправка на ослабление в оболочке	Поправка на самопоглощение	Площадь пика	Выход линии, 1/Бк	Активность изотопа, Бк/г	Эффективность регистрации, 1/квант
54,6 (U-235)	143,8	1,05	26,7	32099	0,105	80000	0,000654
54,6 (U-235)	163,3	1,043	19,49	17326	0,047	80000	0,000572
54,6 (U-235)	185,7	1,037	14,39	219642	0,54	80000	0,000463
54,6 (U-235)	205,3	1,034	11,29	20317	0,047	80000	0,000385
95 (U-238)	257,9	1,029	6,73	105	0,000569	12420	0,000362
95 (U-238)	766,6	1,016	1,57	277	0,00207	12420	6,03E-05
95 (U-238)	1001	1,014	1,407	538	0,0059	12420	3,68E-05

В таблице 4 приведены данные по градуировке детектора с использованием диска с обогащением 0,42 %. Значение интенсивности регистрации пика с энергией 1001 кэВ для диска определялось с погрешностью не хуже 3 %.

Таблица 4. Определение эффективностей регистрации линий с использованием диска металлического урана с обогащением 0,42 %. Время замера 8000 с.

Масса изотопа в диске, г	Энергия линии, кэВ	Поправка на ослабление в оболочке	Поправка на самопоглощение	Площадь пика	Выход линии, 1/Бк	Активность изотопа, Бк/г	Эффективность регистрации, 1/квант
1,252 (U-235)	143,8	1,011	55,2	1120	0,105	80000	0,000743
1,252 (U-235)	163,3	1,01	40,2	570	0,047	80000	0,000615
1,252 (U-235)	185,7	1,0086	29,7	7340	0,54	80000	0,000508
1,252 (U-235)	205,3	1,01	23,29	578	0,047	80000	0,000361
296,8 (U-238)	257,9	1,009	13,86	446	0,000569	12420	0,000372
296,8 (U-238)	766,6	1,0056	2,35	1689	0,00207	12420	6,54E-05
296,8 (U-238)	1001	1,005	1,93	3400	0,0059	12420	3,79E-05

Полученные абсолютные значения эффективности регистрации для расстояния от образца до детектора 18,5 см приведены на рисунке 2 для двух дисков.

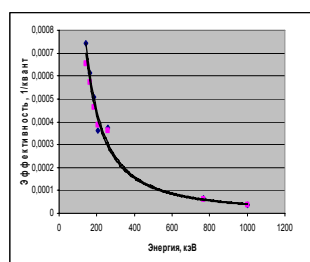


Рис. 2. Абсолютные значения эффективностей регистрации гамма-квантов в зависимости от энергии при расположении дисков из металлического урана на расстоянии 18,5 см от детектора (■ – диск 36,4 % обогащения, ♦ – диск с обогащением 0,42 %).

Для определения отклика детектора при измерении контактным способом проводились измерения диска с обогащением 36,4 % при расположении коллиматора детектора вплотную к поверхности диска. Отклик C_{186} (имп/с на $г/см^2$ урана-235) определялся по формуле:

$$C_{186} = I_{186} * C_{f186} * K_{cov186} / MPP_{u-235} \quad (4), \text{ где:}$$

I_{186} - интенсивность регистрации линии с энергией 185,7 кэВ;

C_{f186} - самоэкранировка линии в диске;

K_{cov186} - ослабление линии в оболочке;

MPP_{u-235} - массовая поверхностная плотность урана-235 в диске, $г/см^2$.

В результате было получено значение отклика для использованного детектора и коллиматора $C = 5,52$ имп/с на $1 мг/см^2$ урана-235 для пика с энергией 185,7 кэВ. Значение приведено для случая неэкранированного урана и тонкого слоя, когда самопоглощением линии 185,7 кэВ можно пренебречь. Для учета ослабления линии в материале стенки контейнера вводилась поправка по формуле (2).

Для определения поправки на самоослабление линии 185,7 кэВ в слое остатка на дне контейнера использовались линии дочернего продукта распада урана-238 Pa-231m с энергией 258 кэВ и 1001 кэВ. Способ введения поправки описан ниже.

Поскольку выход линии с энергией 258 кэВ мал, то для получения приемлемой статистики отсчетов в пике при определении эффективности регистрации проводились дополнительные измерения диска с ураном с обогащением 0,42 %. Расстояние между диском и детектором ~ 7 см. Время замера - 8800 с. Для введения поправки требуется знать отношение эффективностей регистрации названных линий, поэтому расстояние до образца при таком замере не оказывает значимого влияния на результаты. Полученное значение отношения эффективностей регистрации ϵ двух линий составило

$$\epsilon_{1001} / \epsilon_{258} = 0,102 \quad (5)$$

Измерения контейнеров после выгрузки ГФУ

На первом этапе были проведены измерения спектрометром «Колибри» с детектором низкого разрешения с целью установления пространственного распределения остатков радиоактивных продуктов по контейнеру. Типичный спектр, получаемый при измерении со стороны dna контейнера № 218, приведен на рис. 3.

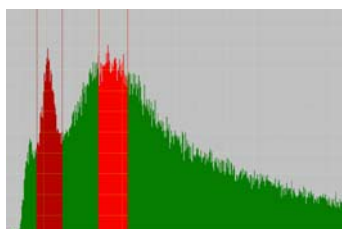


Рис.3. Типичный гамма-спектр, измеренный детектором низкого разрешения со стороны дна контейнера № 218

В гамма-спектре низкого разрешения, приведенном на рис.3, практически не видно пиков, кроме пика с энергией 59 кэВ от рентгеновского излучения вольфрама в коллиматоре. Это объясняется тем, что излучение, в основном, обусловлено Ra-234m, образовавшимся при распаде U-238 во время хранения ГФУ в контейнере. В области энергий ниже 400 кэВ спектр определяется комптоновским рассеянием в детекторе высокоэнергетичных гамма-квантов продуктов распада Th-234, принимая во внимание сильное экранирование мягких линий в стенке контейнера.

Спектры, подобные приведенному на рис. 3, использовались для определения места, где сосредоточена основная масса остатка в контейнере.

На рис. 4-5 показаны зависимости скорости счета в области энергий ~ (160 – 210) кэВ от положения детектора относительно нижней точки дна контейнера для 2-х контейнеров.

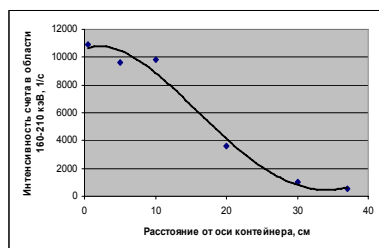


Рис. 4. Зависимость интенсивности счета детектора NaI в области (160-210) кэВ от расстояния до нижней точки дна контейнера при перемещении его по поверхности контейнера № 218.

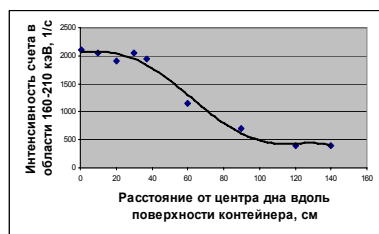


Рис. 5. Зависимость интенсивности счета детектора NaI в области (160-210) кэВ от расстояния до нижней точки дна контейнера при перемещении его по поверхности контейнера №100.

Видно, что наибольшая интенсивность регистрации гамма-излучения наблюдается в области нижней точки дна контейнера. Это обусловлено тем, что Th-234 оседает на дно контейнера при испарении ГФУ. При этом для контейнера 218 (обогащение урана составляло в нем 4,95 %) пятно высокой активности имеет диаметр ~ (40 – 50) см, а для контейнера 100 (естественный уран) пятно имеет диаметр (80 – 90) см. Следует отметить, что ГФУ естественного изотопного состава испаряется по методу «сухой возгонки», а для остальных контейнеров применяется преимущественно метод испарения из «жидкой фазы». Интенсивность излучения в области боковых стенок контейнера значительно ниже, чем со стороны дна, при этом от высоты вдоль стенки, на которой проводились измерения, зависимость интенсивности излучения слабая.

Поскольку в спектре низкого разрешения выделить пик с энергией 186 кэВ практически невозможно, были выполнены измерения интенсивности счета в пике 185,7 кэВ детектором высокого разрешения. При этом детектор торцом фиксировался вплотную к дну контейнера и перемещался от центра дна к краю с шагом ~8 см. «Живое» время замера составляло 100 с. Полученная зависимость интенсивности счета в пике 185,7 кэВ приведена на рис. 6.

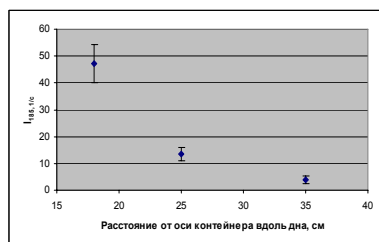


Рис. 6. Зависимость интенсивности счета Ge-детектора в пике 185,7 кэВ от расстояния до нижней точки дна контейнера при перемещении его по поверхности дна контейнера № 218.

Видно, что зависимость скорости счета в пике 185,7 кэВ аналогична зависимости полной скорости счета детектора NaI, т.е. распределение U-235 по дну неравномерное, при этом пятно имеет форму круга с диаметром около 40-50 см.

Для всех контейнеров проводились контактные измерения распределения U-235 по высоте боковой поверхности, при этом детектор размещался вплотную коллиматором к стенке, спектры набирались 300 с («живое» время) для высоты от пола от 28 см до 150 см. При этом контейнер устанавливался на полу. Определялись интенсивности пиков с

энергиями 185,7 кэВ, 258 кэВ, 1001 кэВ. В результате определялась МПП урана-235 для каждой точки и вид зависимости от высоты распределения интенсивности пиков Pa-234m.

На рис. 7 – 9 показаны зависимости от высоты интенсивностей пиков 185,7 кэВ, 258 кэВ и 238 кэВ (пик от продукта распада изотопа U-232) для контейнеров 41 и 419.

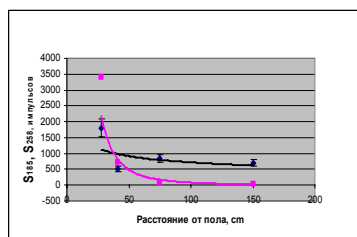


Рис. 7. Зависимость интенсивности счета Ge-детектора в пиках 185,7 кэВ (♦) и 258 кэВ (■) от расстояния до нижней точки дна контейнера при перемещении детектора по поверхности контейнера № 419.

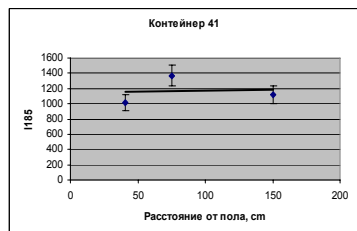


Рис. 8. Зависимость интенсивности счета Ge-детектора в пиках 185,7 кэВ от расстояния от нижней точки дна контейнера при перемещении детектора по поверхности контейнера № 41 от центра дна к краю.

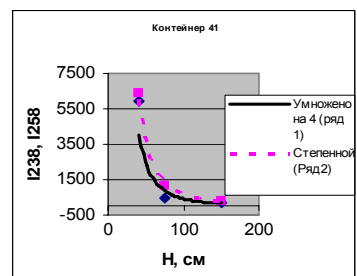


Рис. 9. Зависимость интенсивности счета Ge-детектора в пиках 258 кэВ (ромбы) и 238 кэВ (прямоугольники) от расстояния до нижней точки дна контейнера при перемещении детектора по поверхности контейнера № 41.

Видно, что распределение U-235 по высоте стенки контейнера почти равномерное вплоть до верхней точки заполнения его ГФУ, в то время как распределение Th-234 и Th-228 (продукта распада U-232) существенно неоднородно, эти изотопы сосредоточены в основном на дне контейнера.

На рис. 10-11 приведены спектры, измеренные Ge-детектором со стороны дна контейнера на расстоянии 67 см и со стороны стенки вплотную к поверхности на высоте 78 см от пола. Видно, что при измерениях снизу пик 185,7 кэВ даже за время замера 1000 с выделяется достаточно плохо, а пик с энергией 258 кэВ виден достаточно хорошо, в то время как с боковой поверхности, наоборот, пик 185,7 кэВ виден хорошо, а пик 258 кэВ практически отсутствует при времени набора 300 с. Это связано с тем, что на дне контейнера находится основная доля радиоактивных изотопов-примесей, которые дают высокий фон.

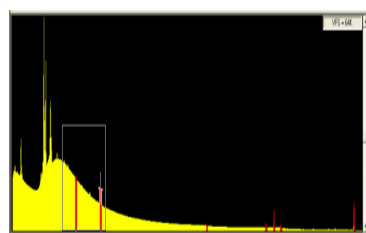


Рис. 10. Спектр гамма-квантов, измеренный Ge-детектором со стороны дна контейнера № 297 на расстоянии 67 см. Время замера 1000 с. Курсор 258 кэВ.

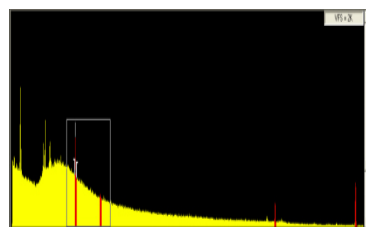


Рис. 11. Спектр гамма-квантов, измеренный Ge-детектором от боковой стенки контейнера № 297 на расстоянии 78 см от пола. Время замера 300 с. Курсор 186 кэВ.

Приведенные в качестве примера спектры использовались для определения массы U-235 в контейнерах в остатках после испарения ГФУ. Значительный фон от продуктов распада U-238, мешает надежно выделять пики от U-235, а толстая стальная стенка контейнера ослабляет линию 185,7 кэВ в ~ 5 раз. Толщина слоя материала в области дна контейнера неизвестна и, вообще говоря, неизвестен состав слоя.

Перечисленные обстоятельства определили способ неразрушающих измерений по определению массы U-235 в контейнерах. Был выбран подход, основанный на методе

«дифференциальных пиков». При таком подходе можно определить среднюю массовую поверхностную плотность накопления в заданной области и при приблизительно известном элементном составе накопления ввести поправку на самопоглощение в слое, характеристики которого определить прямыми методами сложно.

Из измеренных спектров гамма-излучения при расположении детектора под дном контейнера видно, что наиболее удобными линиями для определения поправок на самоэкранировку излучения в слое материала на дне контейнера являются линии 1001 кэВ и 258 кэВ, принадлежащие Ra-234m. Эти линии хорошо выделяются вследствие большой активности Ra-234m (Th-234) в слое (порядка 10^{10} Бк) и, как показано выше, этот изотоп сосредоточен практически полностью в придонном слое. Из приведенных выше графиков можно также предположить, что уран имеет приблизительно такое же пространственное распределение в слое, как и Th-234.

Можно записать систему уравнений для определения поправок на самопоглощение в слое для различных линий следующим образом:

$$\begin{aligned} C_{fi} &= \mu_i \rho X / (1 - e^{-\mu_i \rho X}) \\ C_{fk} &= \mu_k \rho X / (1 - e^{-\mu_k \rho X}) \\ I_i / I_k &= \varepsilon_i / \varepsilon_k * Y_i / Y_k * C_{fk} / C_{fi} \end{aligned} \quad (6)$$

где:

$\mu_{i,k}$ – коэффициент поглощения гамма-излучения в материале для i -ой (k -ой) линии энергии $E_{i,k}$, см²/г;

X – толщина материала в слое, см;

ρ – удельная плотность материала, г/см³;

$C_{fi,k}$ – коэффициент самоэкранировки линий i и k в слое;

$I_{i,k}$ – интенсивности регистрации линий i и k ;

$Y_{i,k}$ – удельные выходы линий i и k ;

$\varepsilon_i / \varepsilon_k$ – отношение эффективностей регистрации для линий i и k для используемого детектора.

В данной системе уравнений (6) число линий может быть любым, но линии должны принадлежать одному изотопу, величины μ определяются энергией линии и материалом в слое. Принималось, что материал – гексафторид урана. Если материал окажется другим, но близким по составу (например, тетрафторид урана), величина самопоглощения изменится лишь на 1-2 %. ρX – массовая поверхностная плотность, является априори неизвестной. Отношение эффективностей регистрации определяется в отдельных измерениях, как описано выше. При наличии поглощающего слоя между детектором и слоем урансодержащего материала (стальная стенка контейнера) предварительно в интенсивности регистрации линий вводится поправка на поглощение по зависимости (2).

Система уравнений (6) при обусловленности используемых линий в спектре позволяет определить входящие в нее неизвестные величины $C_{fi,k}$ и ρX . При этом требование равномерности распределения изотопов в слое необязательно, важно лишь, чтобы распределение изотопа, линии которого используются для вычисления поправки на поглощение (Th-234) и изотопа, массу которого в слое нужно определить с учетом самопоглощения линии (U-235), были подобными. Очевидно, что в результате можно также определить массу (активность) любого изотопа в слое, если в спектре присутствуют его линии. Линия 1001 кэВ хорошо видна в спектре (см. рис. 10) и слабо экранируется в слое и стенке контейнера. Это означает, что можно определить активность Th-234 и определить, какая доля его от полной величины накопленной активности от распада U-238 при хранении ГФУ в контейнере присутствует на дату измерений, что позволяет оценить величину вышедшей из контейнера доли Th-234 при испарении ГФУ. Для этого нужно лишь знать дату заполнения контейнера и время испарения из него ГФУ.

Были выполнены измерения для 6 контейнеров по схеме, описанной выше. Полученные результаты определения толщины слоя на дне и отношений коэффициентов самопоглощения в слое для линий 258 кэВ и 1001 кэВ приведены в таблице 5. Длительность замера составляла 1000 с («живое» время). S_{1001} , S_{258} – площади пиков с энергией 1001 кэВ и 258 кэВ соответственно.

Таблица 5. Результаты измерений толщины слоя неиспаренного остатка на дне контейнера и отношений коэффициентов самопоглощения в слое для линий 258 кэВ и 1001 кэВ.

Контейнер	S ₁₀₀₁	S ₂₅₈	C ₂₅₈ /C ₁₀₀₁	Средняя МПП слоя остатка на дне, г/см ²
419	79904	25625	1,499	1,91
41	90001	30637	1,413	1,7
218	143408	54257	1,271	1,17
100	45538	12373	1,770	2,9
297	138219	50109	1,326	1,5
320	57600	19769	1,401	1,67

По полученной средней величине МПП материала в донном слое вычислялась поправка на самопоглощение для пика 185,7 кэВ. Масса U-235 в донном отложении M_{U-235дно} определялась по формуле:

$$M_{U-235дно} = I_{186} * K_{cov186} * C_{f186} / (\epsilon_{186} * Y_{186} * A_{U-235}) \quad (7)$$

где:

индекс «186» относится к линии с энергией 185,7 кэВ;

A_{U-235}- удельная активность U-235, Бк/г.

Остальные обозначения соответствуют вышеприведенным.

Полученные значения представлены в таблице 6.

Если принять диаметр пятна отложений 50 см (для контейнера 41 с обогащением по U-235 4,95 %) или 80 см (для контейнера 100 с природным ураном), то МПП U-235 составит от ~ 5 мг/см² до ~ 30 мг/см². Для определения массы урана в слое на дне следует разделить массу урана-235 на массовую долю U-235 в уране.

Масса U-235 в отложении на боковых стенках контейнера M_{U-235ст} определялась из усреднения МПП U-235 по измерениям контактным способом в 4-х точках по высоте контейнера вплоть до высоты 150 см (уровень заполнения контейнера ГФУ). За полную площадь, на которую умножались усредненные значения МПП, бралась внутренняя поверхность контейнера до уровня 157 см (граница заполнения) от уровня 16 см (область закругления дна).

$$M_{U-235ст} = I_{cp186} * K_{cov186} * C_{f186} / C_{186} / K_{цил} \quad (8)$$

где:

I_{cp186}- средняя по высоте контейнера интенсивность регистрации пика 185,7 кэВ, 1/с;

C₁₈₆- градуировочная величина, определенная по формуле (4), имп/с на г/см²;

K_{цил} – поправка на вклад излучения от противоположной стенки контейнера.

Величина K_{цил} определялась расчетом методом Монте-Карло по программе MCNP [3]. Предполагалось, что по всей внутренней поверхности контейнера имеется отложение урана с той же МПП, что и в месте контакта детектора со стенкой. Расчет величины поправки дал ее значение 1,4. Значения полученной массы U-235 на стенках контейнера даны также в таблице 6.

Таблица 6. Результаты измерений массы U-235 в отложении на дне и стенке контейнера.

Контейнер	I ₁₈₅ , 1/с	Cf ₂₅₈	Cf ₁₈₅	M _{U-235дно} , Г	М. д. U-235 в уране, %	МПП U-235 на боковой стенке, мг/см ²	Масса U-235 на боковой стенке, г
419	5,93	1,58	2,38	46,4	4,95	3,29	131
41	8,14	1,48	2,2	58,9	0,711	0,34	13,6
218	13,8	1,41	1,76	79,7	4,4	2,19	87,2
100	1,25	1,94	3,26	13,4	2,8	1,50	59,7
297	7,59	1,44	2,03	50,7	4,95	2,93	117
320	7,47	1,58	2,16	53,1	4,95	2,76	110

После суммирования значений массы U-235 в слое отложений на дне и на стенке контейнера получается суммарная масса U-235 в остатке в контейнере после испарения ГФУ. Результаты приведены в таблице 8.

Таблица 8. Результаты измерений массы урана-235 в контейнерах.

Контейнер	Сумма U-235 в гамма-измерениях, г	Масса отложений в предположении, что материал UF ₆ , кг	Вес остатка по взвешиванию, кг	Расхождение гамма- и весовых измерений для UF ₆ , %	Масса отложений в предположении, что материал UF ₄ , кг	Расхождение гамма- и весовых измерений для UF ₄ , %
297	181,7	5,44	4,1	32,6	4,84	18,1
100	27	5,63	4,34	29,6	5,01	15,4
320	140,3	4,72	5,38	-12,2	4,21	-21,8
419	106,1	5,61	5,08	10,5	5,00	-1,59
218	195,7	5,86	5,38	8,9	5,22	-3,1
41	168,9	5,05	4,6	9,9	4,50	-2,14
Среднее по контейнерам расхождение, %				13,2		0,82

Делением массы U-235 на массовую долю U-235 в уране получаем массу урана в контейнере, а в предположении, что весь остаток является ГФУ, можно сравнить измеренную величину с данными весовых измерений. В таблице 6 приведено такое сравнение. Видно, что средняя измеренная масса несколько выше массы по взвешиванию, если предполагать, что весь уран находится в контейнере в виде ГФУ. Если допустить, что уран в остатке находится в основном в виде UF₄, результаты гамма-измерений и весовых замеров достаточно хорошо согласуются.

Очевидно, что достаточно высокая погрешность как весовых измерений, так и результатов гамма-спектрометрии на данном этапе не позволяет сделать какие-то однозначные выводы о степени согласия результатов, однако, можно уверенно говорить о том, что данные весовых измерений и результаты гамма-спектрометрии могут использоваться для оценки количества урана в остатках в контейнерах. При этом гамма-спектрометрические измерения позволяют получать непосредственно массу урана и U-235, а также дать информацию о пространственном распределении урана в контейнере.

Были также выполнены оценочные измерения активности Th-234 в контейнерах на момент измерений. Для этого использовалась линия 1001 кэВ, вводились поправки на самопоглощение в донном слое C_{п1001} и на поглощение в стенке контейнера K_{cov1001}.

Активность Th-234 (Pa-234m) определялась по формуле:

$$A_{Th-234} = I_{1001} * K_{cov1001} * C_{п1001} / (Y_{1001} * \epsilon_{1001}) \quad (9)$$

где:

I₁₀₀₁ - интенсивность регистрации линии с энергией 1001 кэВ;

Y₁₀₀₁ - выход линии 1001 при распаде Pa-234m, 1/Бк;

K_{cov1001} - ослабление линии в оболочке контейнера;

ε₁₀₀₁ - абсолютная эффективность регистрации для линии 1001 кэВ при заданном расстоянии до детектора, 1/квант.

Величина ε₁₀₀₁ определялась в измерениях с дисками в виде сектора круга, как описано выше, и составила 3,02*10⁻⁶.

Для контейнера № 297 вычислялась также активность Th-234 по линии 258 кэВ аналогично вычислению по линии 1001 кэВ, чтобы убедиться, что поправочные коэффициенты и относительные эффективности регистрации, используемые в расчетах, определены корректно.

Результаты измерений активности Th-234 в контейнерах приведены в таблице 9.

Таблица 9. Результаты измерений активности Th-234 в контейнерах на 08.11.2012 г.

№ контейнера	I ₁₀₀₁ , 1/с	K _{cov1001}	C _{п1001}	A _{Th-234} , Бк
41	90	1,91	1,06	1,02E+10
320	57,6	1,91	1,07	6,61E+09
297	138,2	1,91	1,06	1,57E+10
100	45,5	1,91	1,11	5,41E+09
218	143,4	1,91	1,04	1,60E+10
419	79,9	1,91	1,07	9,17E+09
Контейнер	I ₂₅₈ , 1/с	K _{cov258}	C _{п258}	A _{Th-234} , Бк
297	50,1	3,75	1,44	1,61E+10

Видно, что активность Th-234 в контейнерах на момент измерений существенно различна и значительна – около 10^{10} Бк. Различие может быть связано с разной датой загрузки-выгрузки контейнеров и возможным уходом части Th-234 в процессе испарения. Данные вычислений по пику 258 кэВ согласуются с данными, полученными по пику 1001 кэВ, что косвенно свидетельствует о корректности расчета поправок на самопоглощение и определения эффективностей регистрации. По данным таблицы 8 с учетом дат заполнения и опорожнения контейнера можно определить, уходит ли часть Th-234 при опорожнении контейнера вместе с ГФУ.

По результатам выполненных исследований можно также сделать вывод о том, что использованный подход применим и для емкостей объемом $2,5 \text{ м}^3$ при соответствующей модификации геометрии измерений.

Выводы

В результате выполненных исследований получены следующие результаты:

1. Опробован способ гамма-спектрометрических измерений массы урана в нелетучих остатках в контейнерах после испарения из них ГФУ. Показано, что спектрометры низкого разрешения могут служить лишь для качественных оценок распределения активности по контейнеру.

2. С использованием спектрометра высокого разрешения получены значения массы U-235 в отложениях в шести контейнерах после выгрузки ГФУ, содержащего уран различного обогащения – от природного до 5 %, различных заводов-поставщиков, различного времени загрузки и выгрузки ГФУ.

3. Получены пространственные распределения U-235 и продуктов распада U-238 (Th-234, Pa-234m) и U-232 (Th-228) по поверхности контейнера – в донном отложении и в слое на стенках. Показано, что на дне контейнера имеется достаточно толстый слой материала ($1,5 - 2,5 \text{ г/см}^2$), а на боковых стенках слой отложений достаточно тонкий (менее $\sim 80 \text{ мг/см}^2$). Можно предположить, что существует зависимость размера пятна донного отложения от способа испарения ГФУ.

4. Показано, что можно определить по гамма-излучению активность Th-234 и Th-228 в контейнере, а с учетом даты загрузки и выгрузки урана оценить, был ли унос этих изотопов при испарении ГФУ.

5. Требуется оценить степень неравномерности распределения изотопов в донном слое отложений и химический состав неиспаряемых остатков.

Литература:

1. MKA Genie-2000 InSpector. INSP-HDWR 01/99 Руководство пользователя 9230872A-RUS.
2. Genie™ 2000 Spectroscopy Software. Operations. Copyright 2006, Canberra Industries, Inc.
3. MCNP – A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 5. Volume 1: Overview and Theory. LA-UR-03-1987. April 24, 2003.

On the Statistical Criteria for Sampling Control in the Storage of Containers with Nuclear Materials

A.M. Zlobin, V.I. Yuferev – *FSUE RFNC VNIIEF, Sarov*

Consideration should be given to comparison of the statistical criterion for the items random sampling control, stipulated in the Russian Federal Rules NP-030-12, with the U.S. criterion that is used for sampling control of containers with nuclear materials which contain plutonium.

In the NP-030-12 Basic NMC&A Rules a fraction of elements ($\beta = 0.95$) that must be in the proper state is assigned as a statistical criterion to verify seals, identifiers and locations of items, and the probability to meet this requirement should be $P = 0.95$. This criterion envisages capability to detect defective elements (e.g. seals) in a random sample. With the increase in the number of defects in the sample the required sampling sizes will go up. The minimum required size of a random sample should give the confidence that with the assigned probability the number of defective seals, item identifiers in the MBA is below the value of $D_0 = [(1 - \beta)N] + 1$, where N is the number of items and $[]$ stands for the integral part of the number. The D_0 parameter is convenient for numerical calculations of sample sizes, which could include the use of approximations. Some recently obtained analytical approximations are given to calculate the required sizes of random samples, with one or two defects present in the sample.

The U.S. DOE Standard DOE-STD-3013-2004 stipulates the requirement to packaging and long-term safe storage of containers with nuclear materials that contain plutonium. The U.S. statistical criterion ensures detection of at least one container out of 5% of the “worst” ones (from the point of view of potential degradation) with a probability of 99.9%. It was shown that this criterion actually determines the size of a defect-free statistical sample required for confirmation of the fact that with the indicated probability the number of defective containers in the storage bays is below the value of $D_0 = [0.05N]$. With this criterion interpretation, the sizes of statistical samples of containers calculated by the Spotcheck computer code (both with the hypotheses verification method and Bayesian method) are in compliance with the U.S. data.

The indicated interpretation of the statistical criterion makes it possible to paraphrase it and extend it for the cases when defective elements may be present in the samples: the sample size must meet the requirement that, with a probability of 99.9%, the fraction of the “worst” containers should be less than 5%. For this criterion the required sizes of samples were calculated, both with defects and without them. For defect-free samples the results agree with the U.S. data.

О статистических критериях для выборочного контроля при хранении контейнеров с ядерными материалами

А.М. Злобин, В.И. Юферев

Отраслевой Центр по обращению с ядерными материалами и надзору (ОЦОЯМ) РФЯЦ-ВНИИЭФ, г. Саров, Россия

Доклад на трехстороннем семинаре по учету и контролю ядерных материалов
(12-15 ноября 2013г., Обнинск, Россия)

Представлено сравнение статистического критерия для выборочного контроля учетных единиц, заданного российскими Федеральными Правилами НП-030-12, с американским критерием, используемым при выборочных проверках контейнеров с ядерными материалами, содержащими плутоний.

В НП-030-12 в качестве статистического критерия для проверки пломб, идентификаторов и местоположения учетных единиц задана доля элементов $\beta = 0.95$, которые должны находиться в надлежащем состоянии, и вероятность обеспечения этого требования $P = 0.95$. Этот критерий предусматривает возможность обнаружения в случайной выборке дефектных элементов (например, пломб). С увеличением количества дефектов в выборке требуемые размеры выборок возрастают. Минимально необходимый размер случайной выборки должен обеспечивать уверенность в том, что с заданной вероятностью число дефектных пломб, идентификаторов УЕ в ЗБМ менее величины $D_0 = [(1 - \beta)N] + 1$, где N – число УЕ, $[]$ – целая часть числа. Параметр D_0 удобен для численных расчетов размеров выборок, в том числе и с использованием приближенных выражений. Представлены полученные недавно аналитические аппроксимации для расчета необходимых размеров случайных выборок при наличии в выборке одного или двух дефектов.

Требования по упаковке и долговременному безопасному хранению контейнеров с ядерными материалами, содержащими плутоний, содержатся в Стандарте Департамента энергетики (ДЭ) США DOE-STD-3013-2004. Американский статистический критерий обеспечивает обнаружение, по меньшей мере, одного контейнера из 5% «худших» (с точки зрения потенциальной деградации) с вероятностью 99,9%. Показано, что такой критерий по существу определяет размер *бездефектной* статистической выборки, необходимой для подтверждения, что с указанной вероятностью число дефектных контейнеров в отсеках хранилища меньше величины $D_0 = [0.05N]$. Размеры статистических выборок контейнеров, рассчитанные с помощью компьютерной программы *Spotcheck* (как методом проверки гипотез, так и Байесовским методом) при такой трактовке критерия, находятся в согласии с американскими данными.

Указанная трактовка статистического критерия позволяет переформулировать его, обобщив на случаи, когда в выборках возможно присутствие дефектных элементов: объем выборки должен быть таким, чтобы выполнялось требование: с вероятностью 99,9% доля «худших» контейнеров должна быть менее 5%. Для такого критерия нами были проведены расчеты необходимых размеров выборок как без дефектов, так и с дефектами. Для бездефектных выборок результаты согласуются с американскими данными.

1. Российский критерий для выборочного контроля

Основные правила НП-030-12 (далее – Правила) [1] предусматривают выборочный контроль состояния пломб (пункт 34 Правил), идентификаторов УЕ и местоположения УЕ

в ЗБМ (пункт 92 Правил). Для определения необходимого размера случайных выборок из заданной совокупности элементов при выборочном контроле нормативно задаются два параметра: β - доля элементов в системе, которые должны находиться в надлежащем состоянии, и доверительная вероятность P .

Учитывая, что величина βN может быть нецелой (N – число элементов в системе), полезно ввести параметр D_0 , который связан с параметром β соотношением:

$$D_0 = [(1 - \beta) \cdot N] + 1, \quad (1.)$$

где $[]$ – означает целую часть числа. Размеры случайной выборки должны быть таковы, чтобы быть уверенными в том, что с заданной вероятностью P число дефектных элементов в системе *меньше* D_0 .

В Таблице 1 приведены нормативные требования СУиК ЯМ, предъявляемые к значениям параметров P и β Правилами [1].

Таблица 1. Нормативные требования к выборочному контролю СУиК ЯМ.

Требования НП-030-12	P	β
34. В промежутках между инвентаризациями ЯМ необходимо выполнять выборочный контроль установленных пломб в ЗБМ. При определении объема случайной выборки необходимо исходить из требования подтверждения с доверительной вероятностью, равной 0,95, нахождения в надлежащем состоянии не менее 95% пломб. Результаты контроля должны регистрироваться документально.	0.95	0.95
92. Достоверность учетных данных об идентификаторах УЕ и местоположении УЕ в ЗБМ должна быть не менее 95% при доверительной вероятности 0,95.	0.95	0.95

Необходимые размеры случайных выборок в общем случае могут быть получены численным расчетом [2]. Если априорная информация о системе считается отсутствующей, то для определения минимально необходимого размера бездефектной выборки широко используется приближенная формула, получаемая методом проверки гипотез:

$$n \geq \left\{ 1 - (1 - P)^{\frac{1}{D_0}} \right\} \cdot N \quad (2.)$$

Указанное приближение справедливо, если система достаточно велика, а число дефектных элементов относительно мало: $N \gg 1, D_0$. Формула неприменима, если в случайной выборке обнаружены дефекты, т.е. $d \neq 0$ (d – число дефектов в выборке).

Формулировки нормативного критерия, приведенные в Таблице 1, допускают, вообще говоря, возможность присутствия дефектов в случайной выборке. Если при выборочном контроле обнаружен один дефект ($d = 1$), то необходимый размер выборки может быть определен с помощью следующего приближенного аналитического выражения [3]:

$$n_1 \geq \left\{ 1 - \left(\frac{1 - P}{1 + \alpha \cdot (D_0 - 1) \left(1 - (1 - P)^{\frac{1}{D_0}} \right)} \right)^{\frac{1}{D_0 - 1}} \right\} \cdot N \quad (3)$$

Эта формула справедлива при $D_0 > 1$, поскольку в рассматриваемом случае случайная выборка содержит один дефект, и $D \geq d$. Феноменологический параметр α в (3) зависит от вида нормативного критерия, и его величина может быть выбрана с помощью тестовых численных расчетов (например, с использованием компьютерной программы SpotCheck [4]).

В Таблице 2 представлено сравнение точных и приближенных значений размеров выборок, полученных с использованием формул (2) и (3), для нормативного критерия Таблицы 1 в широком диапазоне размеров системы.

Таблица 2. Минимальные размеры случайной выборки n , необходимые для подтверждения требования о нахождении в надлежащем состоянии не менее 95% элементов с доверительной вероятностью, равной 0,95. Число дефектов в выборке не более одного. Сравнение численных расчетов с аналитическими аппроксимациями.

N	Размер случайной выборки n в зависимости от числа дефектов d в выборке			
	$n_0 (d=0)$		$n_1 (d=1)$	
	Численные расчеты ¹	Аппроксимация ²	Численные расчеты	Аппроксимация ($\alpha = 1.4$) ³
100	39	39	58	58
300	50	51	78	78
500	54	54	84	83
1000	56	57	88	88
5000	58	59	92	92
10000	59	60	93	93

Данные Таблицы 2 показывают, что при выбранном параметре α аппроксимация (3) для выборки с одним дефектом для рассматриваемого статистического критерия согласуется с численным расчетом даже лучше, чем известная формула (2) для бездефектной выборки.

В случае выборок с двумя дефектами приближенное аналитическое выражение для размера выборки может быть представлено в следующем виде [3]:

¹ Результаты численных расчетов, приведенные в Таблицах 2, 3, получены с помощью компьютерной программы SpotCheck [4] по методу проверки гипотез.

² Расчеты по приближенной формуле (2).

³ Расчеты по приближенной формуле (3).

$$n_2 \geq \left\{ 1 - \left[\frac{1 - P_0}{\left(1 - \frac{\gamma \cdot n_1}{N}\right) \left(1 + \frac{\gamma \cdot (D_0 - 1)n_1}{N}\right) + \frac{\gamma \cdot D_0 (D_0 - 1)n_1(n_1 - 1)}{2N^2}} \right]^{\frac{1}{D_0 - 2}} \right\} \cdot N \quad (4.)$$

где

$n_1(N, P, D_0)$ - минимально необходимый размер случайной выборки с одним дефектом вычисляемый с помощью приближенной формулы (3);

γ - феноменологический численный коэффициент, зависящий от вида нормативного критерия, выбираемый на основании тестовых расчетов. Наилучшее согласие для рассматриваемого критерия достигается при значении $\gamma = 1.54$ (см. Таблицу 3). Формула (4) справедлива при $D_0 > 2$.

Таблица 3. Минимальные размеры случайной выборки n_2 с двумя дефектами, необходимые для подтверждения требования о нахождении в надлежащем состоянии не менее 95% элементов с доверительной вероятностью, равной 0,95. Сравнение аналитической аппроксимации с численными расчетами.

N	Размер случайной выборки n в зависимости от числа дефектов d в выборке		
	$n_1 (d=1)$	$n_2 (d=2)$	
	Аппроксимация ($\alpha = 1.4$) ⁴	Численные расчеты ⁵	Аппроксимация ($\gamma = 1.54$)
100	58	73	72
300	78	102	102
500	83	110	110
1000	88	117	117
5000	92	123	123
10000	93	123	123

Если число дефектов в выборке 3 и более, то аналитические аппроксимации становятся слишком громоздкими, и для определения необходимых размеров выборок необходимо проведение численных расчетов.

2. Выборочная проверка безопасного хранения контейнеров с ЯМ в США

В работе [5] использован метод выборочного контроля, применяемый в США для обоснования долговременного безопасного хранения контейнеров с ядерными материалами, содержащими плутоний. Требования по упаковке и хранению таких контейнеров изложены в Стандарте Департамента энергетики (ДЭ) США DOE-STD-3013-2004 [6, 7].

⁴ Результаты приближенных расчетов $n_1(N, P, D_0)$ взяты из Таблицы 2.

⁵ Численные расчеты размеров случайных выборок с двумя дефектами выполнены с помощью компьютерной программы SpotCheck [4] по методу оценки гипотез.

Для проверки состояния контейнеров в отсеках хранилища «Давление» (возможно повышение давления в контейнерах) и «Давление и Коррозия» (возможно повышение давления и появление коррозии) используется единый статистический критерий: *обеспечить обнаружение с вероятностью 99,9%, по меньшей мере, одного контейнера из 5% «худших»* (с точки зрения потенциальной деградации) [5]. Статистические выборки дают информацию о тенденциях к повышению давления и коррозии для всей совокупности контейнеров в рассматриваемых отсеках.

Требуемые размеры случайных выборок в отсеках рассчитывались в [5] с помощью статистической компьютерной программы S-Plus. Необходимые размеры статистических выборок n для двух отсеков «Давление» и «Давление и Коррозия» оказались равными:

отсек «Давление и Коррозия»: $n_1 = 128$ (полное число контейнеров в отсеке $N_1 = 1303$);

отсек «Давление»: $n_2 = 130$ (полное число контейнеров в отсеке - $N_2 = 1608$).

Для упаковочных площадок в каждом отсеке размеры статистических выборок распределялись пропорционально доли контейнеров, приходящейся на каждую упаковочную площадку в данном отсеке.

2.1. Алгоритм критерия

Математический алгоритм определения необходимого размера случайной выборки для проверки выполнения рассматриваемого статистического критерия связывает 4 параметра:

- N_j - число контейнеров в j -ом отсеке ($j = 1, 2$ - для двух отсеков: «Давление и Коррозия» и «Давление», соответственно);
- P - заданную доверительную вероятность, равную 0.999;
- α - обнаруживаемую долю «худших» контейнеров в отсеках, равную 5%;
- n_j - размер статистической выборки для j -ого отсека.

Таким образом, используемый критерий может быть представлен в виде функционального соотношения:

$$\Psi(N_j, P, n_j, \alpha) = 0 \quad (5)$$

Как известно (см. напр., [2, 4]), гипергеометрическая функция распределения вероятности (ГГР) $w(N, D, n, d)$ представляет собой вероятность нахождения d дефектов в случайной выборке размером n , если выборка производится из системы, содержащей N элементов, среди которых D - дефектные. Функция ГГР нормирована:

$$\sum_{d=0}^{\min\{n; D\}} w(N, D, n, d) = 1 \quad (6.)$$

Здесь мы полагаем, что число дефектов D в системе не слишком велико (как это обычно имеет место на практике): $D < N - n$.

Используя (6), вероятность нахождения в случайной выборке размером n , по меньшей мере, одного дефекта $P(d \geq 1)$ можно представить в следующем виде:

$$P(d \geq 1) = \sum_{d=1}^{\min\{n; D\}} w(N, D, n, d) = 1 - w(N, D, n, 0). \quad (7.)$$

Таким образом, размер выборки n , необходимый для обнаружения с заданной вероятностью P , по меньшей мере, одного дефекта из D штук, находящихся в системе, определяется численным решением уравнения:

$$w(N, D, n, 0) = 1 - P \quad (8.)$$

Полученное выражение и определяют явный вид функции (5). Отметим, что это соотношение вообще не содержит параметра d – возможного числа дефектов в случайной выборке.

Понимая под величиной D оценку числа «худших» контейнеров D_j в j -ом отсеке хранилища, можно ввести нормативно заданную долю α «худших» контейнеров:

$$D_j = \alpha \cdot N_j \quad (9.)$$

Таким образом, выражения (8), (9) определяют размер случайной выборки, которая обеспечивает обнаружение с вероятностью P , по меньшей мере, одного контейнера из $\alpha\%$ «худших» среди N контейнеров.

С другой стороны, соотношение (8) дает возможность дать другую трактовку рассматриваемого критерия. Именно, выражение (8) определяет минимально необходимый размер *бездефектной* статистической выборки n , который позволяет утверждать, что с вероятностью P число дефектных контейнеров в хранилище *меньше* величины $D = \alpha \cdot N$. Иными словами, под параметром D в формулах (8), (9) можно понимать величину D_0 , которая в российской критерии определяется через нормативно заданные величины выражением (1). При этом величина P определяет вероятность того, что в системе дефектов меньше, чем D_0 .

Так как величина $\alpha \cdot N$, вообще говоря, нецелая, то для определения параметра D_0 , учитывая его целочисленность, следует выбрать, используя (9), более жесткое условие:

$$D_{0j} = \lceil \alpha N_j \rceil, \quad (10.)$$

где $\lceil \cdot \rceil$ – означает, как и ранее, целую часть числа.

Тогда при нормативном параметре $\alpha = 0.05$ для отсеков «Давление и Коррозия» и «Давление» получим следующие значения параметра D_{0j} :

$$\text{при } N_1 = 1303 \quad D_{01} = \lceil 0.05 \cdot 1303 \rceil = \lceil 65.15 \rceil = 65;$$

$$\text{при } N_2 = 1608 \quad D_{02} = \lceil 0.05 \cdot 1608 \rceil = \lceil 80.4 \rceil = 80.$$

Приведенная выше интерпретация выражения (8) полезна при сравнении рассмотренного американского критерия с критериями, задаваемыми российскими Правилами [1]. В этой связи отметим, что выражение (8) является частным случаем более общего соотношения, который учитывает возможность наличия дефектных элементов в случайной выборке [2, 4]:

$$\sum_{m=\max\{0; n-N+D\}}^d w(N, D, n, m) \leq 1 - P, \quad (11.)$$

где

m – возможное число дефектных элементов в случайной выборке.

При $d = 0$ формула (11) переходит в (8). Как было показано ранее (см., напр., [4, 8]), выражение (11) соответствует методу проверки гипотез и основано на неявном предположении об отсутствии априорной (до производства выборки) информации о системе. Формула (11) позволяет рассчитать необходимые размеры выборок, содержащих произвольное допустимое число дефектов. Ниже представлено сравнение таких численных расчетов с данными работы [5].

2.2. Сравнительные расчеты размеров статистических выборок

В Таблице 4 приведены результаты расчетов по программе *Spotcheck* необходимых размеров выборок для вероятности $P_0 = 99.9\%$ и различном числе дефектов, обнаруженных в выборке, с параметром D_0 , определенным по (10).

Таблица 4. Необходимые размеры случайной выборки при различном числе d дефектов в выборке и доверительной вероятности $P_0 = 0.999$.

Отсек «Давление и Коррозия»: $N_1 = 1303, D_{01} = 65$				
d	0	1	2	3
n_1	129 (128)	171	206	238
Отсек «Давление»: $N_2 = 1608, D_{02} = 80$				
d	0	1	2	3
n_2	130 (130)	173	209	242

Во втором столбце Таблицы 4 в скобках указаны значения размеров выборок, взятые из работы [5]. Представленные данные показывают, что наши расчеты для случая $d = 0$ хорошо согласуются с американскими значениями: размер выборки для отсека «Давление» совпадает с приведенным в [5], а для отсека «Давление и коррозия» отличается лишь на единицу. Это подтверждает адекватность выражения (10) для величины параметра D_0 . Поскольку американский критерий, как отмечено выше, определен лишь для бездефектных выборок, соответствующие американские данные для случаев $d = 1, 2, 3$ в Таблице 4 отсутствуют.

Полученные результаты подтверждаются и численными расчетами по программе *Spotcheck* с использованием Байесовского подхода в предположении отсутствия априорной информации о системе. Результаты расчетов представлены в Таблице 5. Значения параметров задачи P_0, N_j, D_{0j} были теми же, что и в Таблице 4.

Таблица 5. Необходимые размеры случайной выборки при различном числе d дефектов в выборке и доверительной вероятности $P_0 = 0.999$. Расчеты проведены с использованием Байесовского подхода.

Отсек «Давление и Коррозия»: $N_1 = 1303, D_{01} = 65$				
d	0	1	2	3
n_1	128 (128)	170	205	238
Отсек «Давление»: $N_2 = 1608, D_{02} = 80$				
d	0	1	2	3
n_2	129 (130)	172	208	242

В скобках во втором столбце Таблицы 5 указаны значения размеров выборок, взятые из работы [5]. Таким образом, наши расчеты для случая $d = 0$ хорошо согласуются

с американскими данными для двух использованных методов расчета: метода проверки гипотез и Байесовского подхода.

Байесовский подход, как известно [4, 8], позволяет рассчитать не только необходимые размеры статистических выборок, но и изменение функции состояния системы (ФСС) после проведения выборочных измерений.

На Рисунке 1 приведены функции состояния системы для отсека «Давление и Коррозия» до и после проведения выборочных измерений (соответственно, ФСС-1 и ФСС-2). Расчеты выполнены с использованием программы Spotcheck. Априорная информация о системе считалась отсутствующей, т.е. ФСС-1 имела вид равномерного распределения (верхний график).

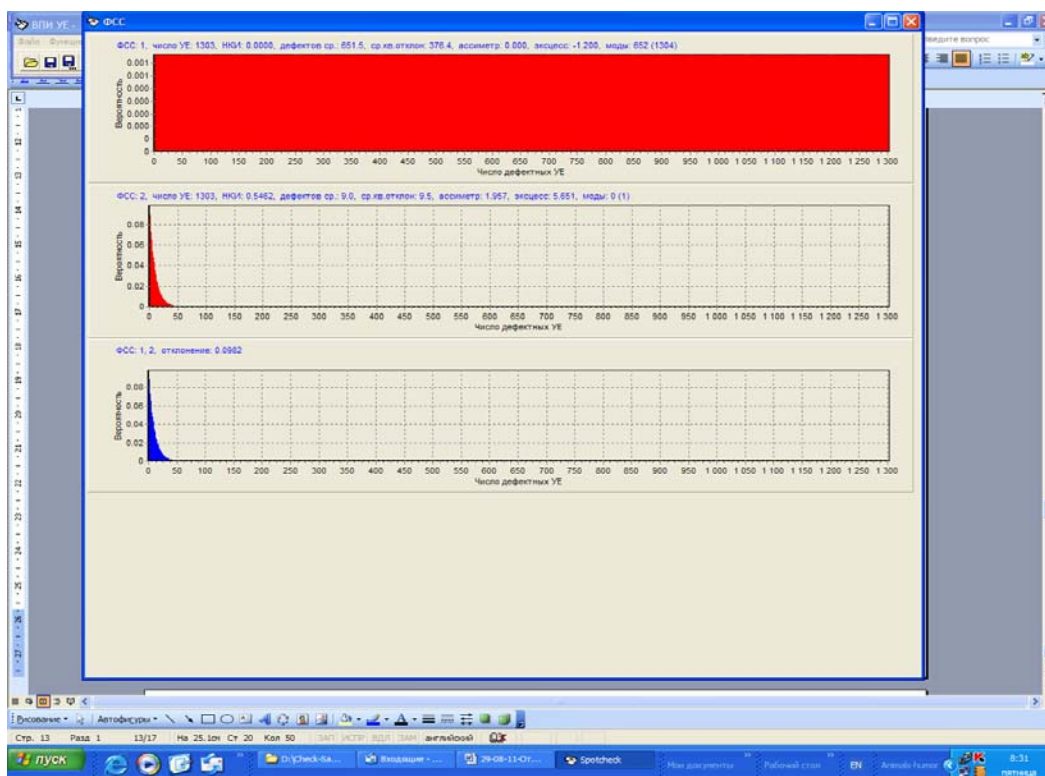


Рисунок 1. Изменение функции состояния системы контейнеров отсека «Давление и Коррозия» после случайной выборки. Размер выборки гарантирует обнаружение, по меньшей мере, одного контейнера из 5% «худших». Значения параметров: $N = 1303$, $D_0 = 65$, $P_0 = 99.9\%$.

После проведения выборочных измерений объемом $n = 128$, при которых дефекты не были обнаружены, апостериорная функция ФСС-2 оказывается существенно иной, поскольку вероятность состояний с малым числом дефектов резко возрастает.

Заключение

На основании проведенного анализа российских и американских статистических критериев для выборочного контроля учетных единиц и результатов численных расчетов можно сделать следующие выводы:

- Необходимый размер статистической выборки контейнеров в отсеках хранилища по американскому критерию, использованному в работе [5], должен быть таков, чтобы обеспечить обнаружение с вероятностью 99,9%, по меньшей мере, одного контейнера из 5% «худших» в отсеке (с точки зрения потенциальной деградации).

- Вторая возможная трактовка этого критерия состоит в том, что он определяет минимально необходимый размер *бездефектной* случайной выборки n , который позволяет утверждать, что с указанной вероятностью P число дефектных контейнеров в отсеке хранилища *меньше* величины $D_0 = [\alpha \cdot N]$, где $[\]$ – целая часть числа, α – обнаруживаемая доля «худших» контейнеров, N – число контейнеров в отсеке. Отметим, что при такой трактовке физический смысл вероятности P несколько иной.
- Численные расчеты размеров выборок, выполненные по программе Spotcheck (как методом альтернативных гипотез, так и при Байесовском подходе) с использованием двух трактовок рассматриваемого критерия, при бездефектных выборках находятся в согласии с американскими данными, приведенными в работе [5] для отсеков «Давление» и «Давление и Коррозия». В расчетах Байесовским методом априорная информация о системе до проведения выборочных измерений считалась отсутствующей, т.е. априорная функция состояния системы – равновероятной.
- Приведенная выше вторая трактовка статистического критерия работы [5], позволяет несколько переформулировать его, обобщив на случаи, когда в выборках возможно присутствие дефектных элементов: объем выборки должен быть таким, чтобы выполнялось требование: с вероятностью 99.9% доля «худших» контейнеров должна быть менее 5%. Для такого критерия нами были проведены расчеты необходимых размеров выборок как без дефектов, так и с дефектами. Для бездефектных выборок результаты, как указывалось выше, согласуются с [5]. С увеличением количества дефектов в выборке требуемые размеры выборок возрастают.

Таким образом, отличие российских нормативных критериев УиК ЯМ для выборочного контроля учетных единиц [1] от американского критерия, использованного в работе [5], состоит в том, что в российских критериях:

- нормативная величина доверительной вероятности имеет более низкое значение ($P = 0.95$ [1]; $P = 0.999$ [5]), и физический смысл её несколько иной;
- задана доля β элементов в системе, которые должны находиться в надлежащем состоянии с заданной вероятностью; размеры случайной выборки должны быть таковы, чтобы быть уверенными в том, что с заданной вероятностью число дефектных элементов в системе *меньше* величины $D_0 = [(1 - \beta)N] + 1$;
- предусмотрена возможность, например, при выборочном контроле пломб обнаружения в случайной выборке дефектных элементов (при этом заданный нормативный критерий может быть выполнен при соответствующем увеличении размера выборки).

Перечень использованных документов

1. «Основные Правила учета и контроля ядерных материалов», НП-030-12. Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 апреля 2012 г. № 255.
2. Jaech, J.L. *Statistical Methods in Nuclear Material Control*. TID-26298, U.S. Gov't Printing Office, 1973.
3. А.М.Злобин. Аналитические аппроксимации для расчетов размеров случайных выборок с дефектами при учете и контроле ядерных материалов. ВАНТ. Серия: Теор. и прикл. физика. Выпуск 3, стр. 7-18, 2010.

4. М.В. Горбатенко, А.М. Злобин, И.И. Сафронов, В.И. Юферев. «Выборочные проверки и методы их использования для учета и контроля ядерных материалов». Монография. Саров. 2008г.
5. E.J. Kelly, L.G. Peppers, L.A. Worl, J. McClard. Sampling Approach to Validate the Safe Storage of Plutonium-Bearing Materials. *Journal of Nuclear Materials Management*. Winter 2010, Volume XXXVIII, No. 2, pp. 79-84.
6. DOE. 2004. DOE Standard: Stabilization, Packaging, and Storage of Plutonium-Bearing Materials. *DOE-STD-3013-2004*. Washington, D.C.: U.S. Department of Energy.
7. LANL. 2001. Integrated Surveillance Program in Support of Long-Term Storage of Plutonium-Bearing Materials. *Los Alamos National Laboratory LA-UR-00-3246*, Rev. 1.
8. М.В. Горбатенко, А.М. Злобин, В.И. Юферев. «"Bayes" Approach to System Random Inspections for Nuclear Material Control & Accounting». *Journal of Nuclear Materials Management*. Winter 2006, Vol. XXXIV, No. 2, p.p. 4-9.

Performance Evaluation of MC&A System Based on the Bayesian Approach

A.M. Zlobin, I.I. Safronov, V.I. Yuferev – *FSUE RFNC*

VNIIEF, Sarov

Consideration should be given to the possibility to quantify the MC&A (nuclear materials control and accounting) system performance effectiveness in MBAs (material balance areas) holding a large number of items based on the Bayesian approach with the use of sampling verifications, as well as an expert evaluation method.

The MBA MC&A system performance effectiveness is understood to be the capability of the system to ensure the performance of MC&A goals and tasks. The MC&A system performance effectiveness is defined as a conditional probability of items system's fault-free status to be calculated using the system state function (SF) taking into account the results of sampling measurements. The SF represents a probability function of faults' availability in the system. A priori information on the system to be checked is based on the previous confirmatory procedures and can be introduced by the expert evaluation method. A posteriori SF obtained after sampling verifications depends on the a priori state function and the results of the sampling performed.

The Bayesian approach allows SF time dependence to be introduced with an aim to describe a potential system status data loss within the periods between verification checkouts and physical inventory taking (i.e., in the course of process operations performed by the personnel in MBAs.) In the model under consideration the parameter specifying a SF "degradation" rate depends on the number of access control means (ACM) applied for NM, as well as the interval between the verifications. Sampling verifications' performance changes the SF. Therefore the value of MBA MC&A system performance effectiveness at any preset point of time can be calculated taking into account the results of sampling verifications (e.g. using SpotCheck software).

Distribution in the form of delta-function (faulty items at the initial moment are absent), as well as the Poisson distribution were analyzed as a priori SF as of the beginning of the material balance period. The Poisson distribution parameter can be determined with the expert evaluation method based on the results of the preceding verification checkouts and the analysis of a priori information on the degree of compliance with the regulatory requirements to the state and operation of MBA MC&A subsystems and procedures.

Maintaining the MC&A system performance effectiveness at the required level is implemented via regular sampling verifications for the items, subsystem status and MC&A system procedures. The required size of sample confirmatory procedures is determined by way of numerical calculations. The required level of MC&A system performance effectiveness should be assigned in the regulations.

Оценка эффективности СУиК ЯМ, основанная на Байесовском подходе

А.М. Злобин, И.И. Сафронов, В.И. Юферев

*Отраслевой Центр по обращению с ядерными материалами
и надзору (ОЦОЯМ) РФЯЦ-ВНИИЭФ, г. Саров, Россия*

Доклад на трехстороннем семинаре по учету и контролю
ядерных материалов
(12-15 ноября 2013г., Обнинск, Россия)

Рассмотрена возможность количественной оценки эффективности системы учета и контроля ядерных материалов (СУиК ЯМ) в ЗБМ, содержащих большое число учетных единиц (УЕ), основанная на Байесовском подходе с использованием выборочных проверок, а также метода экспертных оценок.

Под эффективностью СУиК ЯМ ЗБМ понимается способность системы обеспечить выполнение целей и задач учета и контроля ЯМ [1]. Эффективность СУиК ЯМ определяется в данной работе как условная вероятность бездефектного состояния системы УЕ, рассчитываемая с помощью функции состояния системы (ФС) с учетом результатов выборочных измерений. ФС представляет собой функцию вероятности присутствия дефектов в системе. Априорная информация о проверяемой системе основывается на предыдущих подтверждающих процедурах и может быть введена методом экспертных оценок. Полученная после проведения выборочной проверки апостериорная ФС зависит от априорной функции состояния и результатов произведенной выборки.

Для описания возможной потери информации о состоянии системы в промежутках между контрольными проверками и физическими инвентаризациями (например, при проведении персоналом технологических работ в ЗБМ) Байесовский подход позволяет ввести зависимость ФС от времени. В рассмотренной модели параметр, определяющий скорость «деградации» ФС, зависит от числа примененных средств контроля доступа (СКД) к ЯМ, а также интервала между проверками. Проведение выборочных проверок изменяет ФС. Таким образом, величина эффективности СУиК ЯМ ЗБМ в любой заданный момент времени может быть рассчитана с учетом результатов выборочных проверок (например, с помощью компьютерной программы SpotCheck).

В качестве априорной ФС на начало межбалансового периода рассмотрены распределение в виде дельта-функции (дефектные УЕ в начальный момент отсутствуют), а также распределение Пуассона. Параметр распределения Пуассона может быть определен методом экспертных оценок на основании результатов предыдущих контрольных проверок и инвентаризаций, анализа априорной информации о степени соответствия нормативным требованиям состояния и функционирования подсистем и процедур СУиК ЯМ в ЗБМ.

Поддержание эффективности СУиК ЯМ на требуемом уровне осуществляется путем проведения регулярных выборочных проверок учетных единиц, состояния подсистем и процедур СУиК ЯМ. Необходимый объем выборочных подтверждающих процедур определяется путем численных расчетов. Требуемый уровень эффективности СУиК ЯМ должен задаваться нормативно.

1. По сравнению с обычно используемым в области учета и контроля ЯМ методом проверки гипотез [2-4], как было показано ранее [5-7], Байесовский подход имеет ряд преимуществ, поскольку он дает возможность:

- учесть априорную информацию о системе, если таковая существует, что позволяет, вообще говоря, существенно уменьшить необходимый объем выборочных измерений;
- проверить корректность результатов, полученных методом проверки гипотез, если априорная информация о системе отсутствует [7-9];
- получить точный смысл реализуемого статистического критерия при использовании выборочного контроля [5, 7];
- учесть зависимость необходимого размера выборки при заданном нормативном критерии от эффективности подтверждающих измерений [10];
- учесть зависимость размеров выборок от априорной экспертной оценки риска наличия дефектов в системе [11].

В настоящей работе Байесовский подход используется для количественной оценки эффективности СУиК ЯМ ЗБМ. Рассмотрение основано на представленных ниже положениях.

Количественно эффективность K_{eff} системы УиК ЯМ в ЗБМ определим как вероятность бездефектного состояния системы учетных единиц. Величина K_{eff} зависит от эффективности функционирования подсистем СУиК ЯМ и средств физической защиты, применения СКД, частоты и объема выборочных проверок в межбалансовый период (МБП) и т.д. и поэтому, вообще говоря, должна зависеть от времени.

Система произвольных элементов (учетных единиц, пломб, идентификаторов УЕ, учетных записей и т.д.) может быть описана, с точки зрения учета и контроля, набором состояний с различным возможным числом дефектных элементов D : $D = 0, 1, 2, \dots, N$, где N - число элементов в системе. Под дефектным элементом понимается элемент системы, состояние которого свидетельствует об аномалии или нарушении в системе учета и контроля ЯМ. Вводится функция состояния системы $p_N(D, t)$, которая, вообще говоря, зависит от времени и представляет собой вероятность присутствия в системе D дефектных элементов в момент времени t . Для любого момента времени выполняется условие нормировки ФС:
$$\sum_{D=0}^N p_N(D, t) = 1.$$

Функция $p_N(D, t)$ по переменной t удовлетворяет линейному дифференциальному уравнению 1-ого порядка с заданными начальными условиями, решение которого должно корректно описывать начальное состояние системы и асимптотическое, соответствующее полной потере информации.

Функция состояния системы, используемая для определения эффективности СУиК ЯМ и учитывающая результаты производимых выборочных проверок, представляет собой т.н. бинарную функцию состояния (БФС) [5-7], которая находится с помощью теоремы Байеса. До проведения выборочных измерений система характеризуется априорной ФС $p_N^{ap}(D)$. Если информация о системе до проведения ВП отсутствует, то априорная ФС

представляет собой равновероятное распределение:
$$p_N^{ap}(D) = \frac{1}{N+1}.$$

В начале межбалансового периода дефектные учетные единицы в ЗБМ могут достоверно отсутствовать (например, была проведена первичная физическая инвентаризация или произведена полная проверка всех УЕ). В этом случае ФС $p_N(D, 0)$ в начальный момент времени имеет вид дельта – функции.

Если нельзя с достоверностью утверждать, что в начальный момент времени дефекты отсутствуют, и, кроме того, дефекты можно рассматривать как относительно редкие, случайные и независимые события, то априорная ФС $p_N^{ap}(D)$ может быть описана распределением Пуассона [12]. Такая ситуация может иметь место в ЗБМ с современными системами учета, контроля и физической защиты, когда вероятность дефектного состояния системы обычно мала. Параметр распределения Пуассона λ может быть определен методом экспертных оценок на основании анализа существующей до выборочной проверки информации о системе (результатов предыдущих проверок состояния учета и контроля ЯМ).

Эффективность системы учета и контроля ЯМ K_{eff} определяется, как отмечалось, с помощью БФС с использованием априорной ФС и результатов выборочных измерений. Критерий эффективности СУиК ЯМ устанавливается нормативными документами. Поддержание эффективности СУиК ЯМ на требуемом уровне осуществляется путем проведения регулярных выборочных проверок, объем которых может быть рассчитан методом БФС с помощью, например, компьютерной программы SpotCheck [7].

2. В соответствии с определением эффективность СУиК K_{eff} системы учетных единиц в заданный момент времени t может быть записана в следующем виде:

$$K_{eff}(N, t) = p_N(0, t), \quad (1)$$

где

$p_N(0, t)$ - вероятность отсутствия дефектов в системе, содержащей N элементов, в момент времени t .

Зависимость ФС от времени в межбалансовый период (в промежутках между проверками и/или физическими инвентаризациями) обусловлена несовершенством СУиК и системы физической защиты (СФЗ) (ограниченность средств контроля доступа к ядерным материалам, в частности, средств видео-наблюдения, возможные ошибки персонала при производстве работ и т.п.). При Байесовском подходе временная эволюция функции состояния может быть введена с помощью какой-либо модели, которая должна корректно описывать начальное условие и асимптотику при временах много больших межбалансового периода ($t \rightarrow \infty$).

Можно показать, что в одной из простых моделей априорная ФС $p_N^{ap}(D, t)$ удовлетворяет линейному дифференциальному уравнению 1-ого порядка, а её зависимость от времени может быть представлена в виде [7]:

$$p_N^{ap}(D, t) = p_N^{ap}(D, 0) \cdot e^{-\gamma t} + \frac{1 - e^{-\gamma t}}{(N+1)}, \quad (2)$$

где γ – феноменологический параметр, характеризующий скорость «деградации» ФС, который может быть определен из некоторых физических соображений.

Функция состояния (2) удовлетворяет начальному условию и имеет асимптотику, соответствующую полной потере информации о системе:

$$p_N(D, t) \Big|_{t=0} = p_N(D, 0)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} p_N(D, t) = \frac{1}{N+1}, \quad (3)$$

где $p_N(D, 0)$ - ФСС в начальный момент времени (до проведения выборочных измерений).

Отметим, что функция состояния $p_N^{ap}(D, t)$ автоматически нормирована для любого момента времени, так как имеют место нормировки функций распределения вероятности в правой части формулы (2).

2. Параметр γ может быть оценен из следующих соображений. Как известно, в соответствии с Приложением № 8 Федеральных Правил [1] вероятность обнаружения недостатка (излишка) порогового количества ядерных материалов P_{nor} для расчета объема случайной выборки при физической инвентаризации ЯМ зависит от числа примененных СКД разных видов. Эта зависимость имеет вид:

$$P_{nor} = s_i^m, \text{ где } s_i = \begin{cases} 0,5, & i = 1 \text{ (ЯМ категорий 1, 2, 3);} \\ 0,3, & i = 2 \text{ (ЯМ категории 4).} \end{cases} \quad (4.)$$

где m - число видов примененных СКД.

С увеличением m нормативная величина P_{nor} уменьшается, что приводит к снижению необходимого объема выборочных измерений. Математически это связано с тем, объем случайной выборки n , необходимый для обнаружения пороговых количеств ЯМ с заданной вероятностью P_{nor} , определяется выражением [7]:

$$w(N, D_{nor}, n, 0) \leq 1 - P_{nor}, \quad (5.)$$

где

$w(N, D_{nor}, n, 0)$ - гипергеометрическая функция для бездефектной выборки;

D_{nor} - число учетных единиц, в которых содержится пороговое количество ЯМ.

Условие нормировки функции ГПР (считая, что число дефектов D_{nor} в системе не слишком велико, а именно $D_{nor} < N - n$) можно записать в виде:

$$\sum_{d=0}^{\min\{n; D_{nor}\}} w(N, D_{nor}, n, d) = 1 \quad (6.)$$

Тогда из (5) и (6) следует, что

$$P_{nor} = \sum_{d=1}^{\min\{n; D_{nor}\}} w(N, D_{nor}, n, d) \quad (7.)$$

Таким образом, вероятность P_{nor} обнаружения пороговых количеств ЯМ можно трактовать, как вероятность обнаружить, по меньшей мере, одну дефектную УЕ, если в системе имеется D_{nor} дефектов.

Пусть в начальный момент времени ФС имеет вид:

$$p_N(D, 0) = \delta_{D,0}, \quad \delta_{D,0} = \begin{cases} 1, & D = 0 \\ 0, & D \neq 0 \end{cases}, \quad (8.)$$

т.е. дефектные элементы в системе в начальный момент отсутствуют.

Тогда в соответствии с (2) к концу межбалансового периода вследствие несовершенства системы физической защиты и ограниченности средств контроля доступа функция состояния в момент времени T будет иметь следующее значение:

$$p_N(D, T) = \delta_{D,0}(D, 0) \cdot e^{-\gamma T} + \frac{1 - e^{-\gamma T}}{(N+1)}. \quad (9.)$$

Отсюда следует, что вероятность появления дефектных элементов к концу МБП будет определяться множителем $(1 - e^{-\gamma T})$ во втором члене. Полагая, что эта величина близка вероятности P_{nop} обнаружения, по меньшей мере, одной дефектной УЕ, получим с учетом (4):

$$1 - e^{-\gamma T} = s_i^m \quad (10.)$$

или

$$\gamma = \frac{1}{T} \ln \frac{1}{1 - s_i^m} \quad (11.)$$

В Таблице 1 приведены оценки величины параметра γ для различных категорий ЯМ при использовании до 3-х различных видов СКД. Длительность межбалансового периода T в ЗБМ принята в соответствии с нормативными требованиями [1].

Таблица 1. Оценки параметра γ для различных категорий ЯМ и до 3-х различных видов СКД.

ЯМ (кат)	1		2		3		4	
T (мес.)	2		3		6		12	
m	1	3	1	3	1	3	1	3
γ (1/мес.)	0.347	0.067	0.231	0.044	0.116	0.022	0.030	0.002

Представленные оценки параметра γ в рассмотренной модели показывают, что увеличение числа видов использованных СКД приводит к снижению величины параметра γ , т.е. к ослаблению временной зависимости ФС. Увеличение параметра γ при повышении категории ЯМ связано с уменьшением межбалансового периода (возрастает «привлекательность» ЯМ, что требует более частых физических инвентаризаций).

3. Из (1) и (2) следует выражение для зависимости эффективности K_{eff} от времени в межбалансовый период до проведения выборочной проверки:

$$K_{eff}(N, t) = K_{eff}(N, 0) \cdot e^{-\gamma t} + \frac{1 - e^{-\gamma t}}{(N+1)}, \quad (12.)$$

где $K_{eff}(N, 0)$ - эффективность СУиК в начальный момент времени (на начало межбалансового периода).

Проведение выборочного контроля изменяет ФС системы. Если в системе, содержащей N элементов, произведена случайная выборка размера n , в которой обнаружено d дефектов, то на основании полученной при выборочных измерениях информации апостериорная ФСС $p_N^{post}(D, n, d)$ может быть представлена в виде Бинарной функции состояния [7]:

$$p_N^{post}(D, n, d) = \begin{cases} \frac{p_N^{ap}(D) \cdot w(N, D, n, d)}{\sum_{M=d}^{N-n+d} p_N^{ap}(M) \cdot w(N, M, n, d)} & \text{при } D \in [d, N-n+d] \\ 0 & \text{при } D \notin [d, N-n+d], \end{cases} \quad (13.)$$

где

$p_N^{ap}(D)$ - априорная функция состояния системы (ФС до выборки),

$w(N, D, n, d)$ - гипергеометрическая функция распределения вероятности.

Используя (13), эффективность СУиК ЯМ $K_{eff}^*(N, n, t_{ВП})$ непосредственно после проведения выборочной проверки в момент времени $t_{ВП}$ объемом n можно представить в виде:

$$K_{eff}^*(N, n, t_{ВП}) = \frac{p_N^{ap}(0, t_{ВП})}{\sum_{M=0}^{N-n} p_N^{ap}(M, t_{ВП}) \cdot w(N, M, n, 0)}. \quad (14.)$$

Здесь:

$p_N^{ap}(0, t_{ВП})$ - априорная вероятность отсутствия дефектов в системе в момент времени $t_{ВП}$ перед проведением ВП;

$p_N^{ap}(M, t_{ВП})$ - априорная ФСС в момент времени $t_{ВП}$ перед проведением ВП.

Здесь считалось, что в выборке дефектов не обнаружено.

В рамках принятой модели «деградации» функции состояния со временем зависимость эффективности K_{eff} в межбалансовый период определяется формулой (12).

Поэтому величина K_{eff} непосредственно перед проведением ВП определяется следующим выражением:

$$K_{eff}(N, t_{ВП}^-) = K_{eff}(N, 0) \cdot e^{-\gamma t_{ВП}^-} + \frac{1 - e^{-\gamma t_{ВП}^-}}{(N+1)}, \quad (15.)$$

где

$t_{ВП}^-$ - момент времени непосредственно перед проведением ВП.

Если в начальный момент дефектные УЕ в системе достоверно отсутствуют, то функция состояния системы имеет вид (8). В этом случае минимальное значение K_{eff} к моменту выборочной проверки в соответствии с (15) будет равно:

$$K_{eff}(N, t_{ВП}^-) = \frac{1 + Ne^{-\gamma t_{ВП}^-}}{(N+1)} \quad (16.)$$

При достоверном отсутствии дефектов в начальный момент времени эта формула для начала МБП дает правильный результат:

$$K_{eff}(N, 0) = 1. \quad (17.)$$

На Рис.1 представлен характер зависимости эффективности СУиК от времени при проведении нескольких выборочных проверок. Значение $K_{eff}(N, t_{ВП}^-)$, определяемое формулой (16), соответствуют первому минимуму кривой $K_{eff}(N, t)$. Промежутки времени между выборочными проверками на Рис.1 составляют 3 месяца, что соответствует частоте физической инвентаризации ЯМ категории 2. Величина максимумов кривой $K_{eff}(N, t)$ зависит от объема и результатов выборочных измерений.

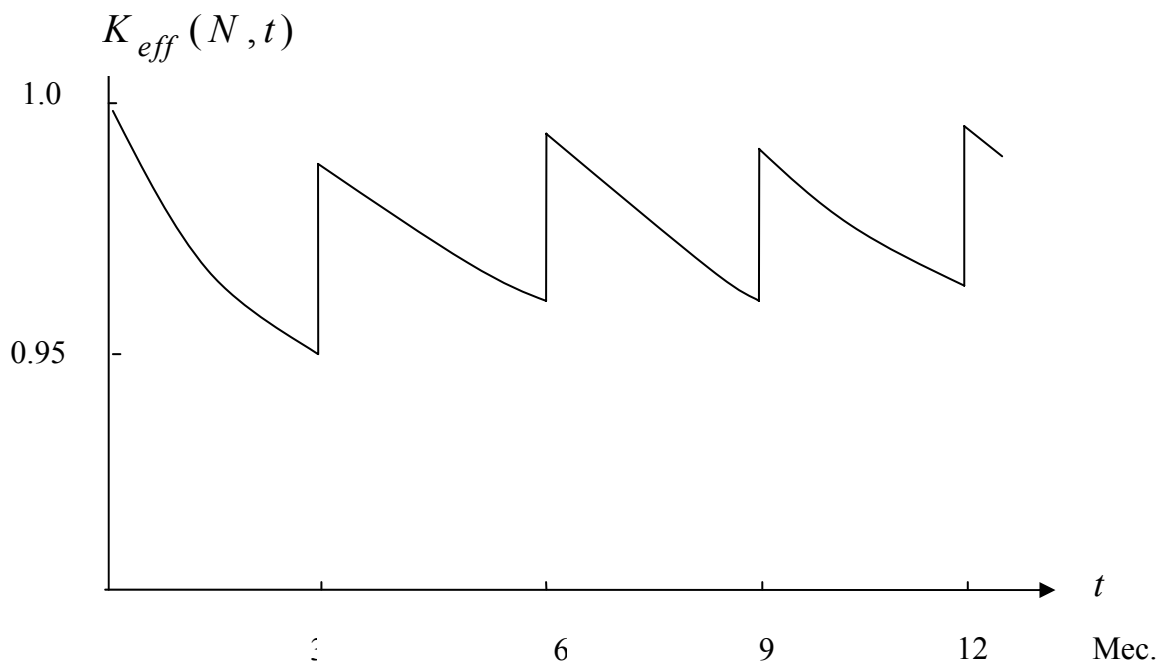


Рис. 1. Зависимость эффективности СУиК $K_{eff}(N, t)$ от времени и результатов выборочных проверок.

Величина первого максимума функции $K_{eff}(N, t)$ после произведенной выборочной проверки с учетом (14) определяется выражением:

$$K_{eff}^*(N, n, t_{ВП}) = \frac{1 + Ne^{-\gamma t_{ВП}}}{\sum_{M=0}^{N-n} \left[(N+1)\delta_{M,0} \cdot e^{-\gamma t_{ВП}} + 1 - e^{-\gamma t_{ВП}} \right]} \cdot w(N, M, n, 0) \quad (18.)$$

Величина этого максимума зависит от параметра γ , характеризующего деградацию ФС, а также от объема произведенной случайной выборки n .

4. Если априорная ФС описывается распределением Пуассона, то вероятность отсутствия дефектов в начальный момент времени равна $p_N^{ap}(0, 0) = e^{-\lambda}$, где λ - среднее значение распределения. Параметр распределения λ может быть определен методом экспертных оценок на основании результатов предыдущих контрольных проверок и инвентаризаций, анализа априорной информации о степени соответствия нормативным требованиям состояния и функционирования подсистем и процедур СУиК ЯМ в ЗБМ. Из распределения Пуассона следует, что если оценка вероятности отсутствия дефектов в системе, например, составляет 95%, то $\lambda \approx 0.05$. С увеличением λ вероятность бездефектного состояния системы уменьшается, и для подтверждения требуемого уровня эффективности СУиК необходим больший объем выборочных измерений.

Для оценки масштаба выборочных измерений в Таблице 2 приведены расчетные значения размеров бездефектных случайных выборок n , необходимых для подтверждения заданного уровня эффективности вблизи начала межбалансового периода (пренебрегая для простоты «деградацией» ФС со временем) для различных значений параметра распределения. Расчеты, соответствующие двум требуемым уровням эффективности K_{eff} , выполнены с помощью компьютерной программы SpotCheck [7] для системы, содержащей 1000 УЕ.

Таблица 2. Зависимость необходимого размера выборок n от априорного среднего значения распределения Пуассона λ для подтверждения заданного уровня эффективности СУиК ЯМ K_{eff} при $N = 1000$.

		$K_{eff} = 0.95$							
λ		0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	0.15	0.2
n		0	146	268	359	431	488	659	744
λ		0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
n		830	872	898	915	927	936	943	949
		$K_{eff} = 0.97$							
λ		0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	0.15	0.2
n		391	493	565	620	662	696	797	848

Видно, что при априорном значении $\lambda = 0.05$ выборочной проверки можно не делать, если заданный уровень эффективности $K_{eff} = 0.95$, и необходима выборочная проверка объемом не менее $n = 391$, если $K_{eff} = 0.97$. Если априорное значение $\lambda = 0.06$, то для подтверждения уровня $K_{eff} = 0.95$ необходим размер выборки $n = 146$.

С учетом временной зависимости (2) априорная вероятность отсутствия дефектов в системе в момент времени $t_{BП}$ перед проведением выборки определяется формулой:

$$p_N^{ap}(0, t_{BП}) = e^{-(\lambda + \gamma t_{BП})} + \frac{1 - e^{-\gamma t_{BП}}}{(N + 1)} \quad (19.)$$

Подставляя это выражение в (14), получим для эффективности СУиК ЯМ в момент времени $t_{BП}$ после проведения выборки объемом n (случайная выборка считается бездефектной) следующее выражение:

$$K_{eff}^*(N, n, t_{BП}) = \frac{(1 + N)e^{-(\lambda + \gamma t_{BП})} + 1 - e^{-\gamma t_{BП}}}{\sum_{M=0}^{N-n} \left[(1 + N) \frac{\lambda^M}{M!} e^{-(\lambda + \gamma t_{BП})} + 1 - e^{-\gamma t_{BП}} \right] \cdot w(N, M, n, 0)} \quad (20.)$$

Величина скачка K_{eff} после выборки на момент $t_{BП}$ зависит, естественно, от объема случайной выборки n и параметров λ и γ .

Список использованных источников

- [1] «Основные правила учета и контроля ядерных материалов. НП-030-12». Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 апреля 2012 г. № 255.
- [2] Guide to the Evaluation of Selected Materials Control and Accountability (MC&A) Detection Elements. Issued by the Security Office of Security Affairs Office of Nonproliferation and National Security of Energy. May. 1994.
- [3] International Atomic Energy Agency (IAEA) SAFEGUARDS. Statistical Concepts and Techniques. Vienna, 1989.
- [4] Jaech, J.L. Statistical Methods in Nuclear Material Control. TID-26298. U.S. Gov't Printing Office. 1973.
- [5] «Использование Байесовского подхода при выборочных проверках систем учета и контроля ядерных материалов». М.В. Горбатенко, А.М. Злобин, В.И. Юферев. Доклад на Третьей Российской Международной конференции по учету, контролю и физической защите ядерных материалов. Обнинск, 16-20 мая 2005г.
- [6] M.V. Gorbatenko, A.M. Zlobin, V.I. Yuferev. «Bayes' Approach to System Random Inspections for Nuclear Material Control & Accounting». Journal of Nuclear Materials Management. Winter 2006, Vol. XXXIV, No. 2, p.p. 4-9.
- [7] М.В. Горбатенко, А.М. Злобин, И.И. Сафронов, В.И. Юферев. «Выборочные проверки и методы их использования для учета и контроля ядерных материалов». Монография. Саров. 2008г.
- [8] «Hypothesis Testing: Frequentist Versus Bayesian With Examples from Nuclear Safeguards». T. Burr, D. Weier. Journal of Nuclear Materials Management. Winter 2009, Vol. XXXVII, No. 2, p.p. 16-22.

- [9] «Новый метод использования выборочных проверок для учета и контроля ядерных материалов». М.В. Горбатенко, А.М. Злобин, И.И. Сафронов, В.И. Юферев. Доклад на Трехстороннем семинаре «Учет и контроль ядерных материалов: состояние и перспективы». Обнинск, 27-31 октября 2008г.
- [10] «Оценка эффективности выборочных проверок в системе учета и контроля ядерных материалов». А.М. Злобин. Доклад на Трехстороннем семинаре «Учет и контроль ядерных материалов: состояние и перспективы». Обнинск, 27-31 октября 2008г.
- [11] «Метод бинарной функции состояния системы в СУиК ЯМ». М.В. Горбатенко, А.М. Злобин, И.И. Сафронов, В.И. Юферев. Доклад на Четвертой Российской Международной конференции по учету, контролю и физической защите ядерных материалов. Обнинск, 19-23 октября 2009г.
- [12] Л. Закс. Статистическое оценивание. Пер. с нем., Москва, "Статистика", 1976г.

The Test of the HMS-4 System for NM Measurement Means for the Usage at the Rosatom Organizations for NMCA Goals

E.A. Kapitanov – *FSUE VNIIA, Moscow*

The task of nuclear material (NM) hold-up measurement is of paramount importance both from the standpoint of nuclear and radiation safety and NM accountancy, control and non-proliferation.

Consideration should be given to the description of work performed in the framework of US – Russian cooperation on testing the HMS-4 NM hold-up measurement system (Holdup Measurement System, ORTEC®) to evaluate the feasibility of its use in the State Corporation “ROSATOM” organizations for the purposes of control and accounting.

HMS-4 is one of a few commercial off-the-shelf measuring systems that was custom designed for the measurement of NM hold-up. Consideration should be given to the HMS-4 system characteristics, presents the main stages and methods of its testing, as well as the current status of activities performed by the relevant enterprises of the State Corporation Rosatom under this task.

**«Испытание системы измерений отложений ЯМ HMS-4 для
использования в организациях ГК «Росатом» в целях УиК ЯМ»
Е.А.Капитанов, ФГУП «ВНИИА»**

Доклад на трехстороннем семинаре по учету и контролю ядерных материалов
«Результаты и планы развития Российской ГСУиК ЯМ»
г. Обнинск, Россия, 12-15 ноября 2013г.

Для переработки, производства, сублимации и обогащения ядерного топлива используются масштабные установки, которые могут включать в себя насосы, печи, центрифуги, фильтры, диффузоры и сотни километров труб и воздухопроводов. За годы эксплуатации в этом оборудовании могут накопиться значительные количества урана и плутония. Отсутствие должного контроля накоплений ЯМ может привести к обрушению систем вентиляции или ядерной аварии. Сложность точного измерения ЯМ, находящихся в отложениях, негативно влияет на точность подведения баланса ЯМ на предприятии, а также может стать причиной повышенного интереса потенциального внутреннего нарушителя. Теоретически нарушитель может один или несколько раз изъять значительное количество ^{235}U или ^{239}Pu и скрыть факт изъятия под видом неизмеренных или недостаточно точно измеренных отложений, накопленных на предприятии. Таким образом, задача измерения отложений ядерных материалов чрезвычайно важна, как с точки зрения ядерной и радиационной безопасности, так и с точки зрения их учета, контроля и нераспространения.

В аппаратно-методическом обеспечении измерений отложений ЯМ заинтересовано большинство предприятий ГК «Росатом», поэтому в рамках российско-американского сотрудничества по контракту между ФГУП «ВНИИА» и БНЛ выполняется задача по испытанию системы измерения отложений ЯМ HMS-4 (Holdup Measurement System, ORTEC®) для определения возможности ее использования в организациях Госкорпорации «Росатом» в целях учета и контроля ядерных материалов. HMS-4 является одной из немногих доступных на рынке измерительных систем, которая была специально разработана для измерения отложений ядерных материалов.



Рисунок 1. Компоненты базового комплекта системы HMS-4.

Базовый комплект системы представляет собой детектор низкого разрешения на основе кристалла NaI, многоканальный анализатор DigiDart, полевой контроллер и программное обеспечение HMS-4, устанавливаемое на головной компьютер (рисунок 1). Схема взаимодействия компонентов системы, а также описание их функций описана на рисунке 2.

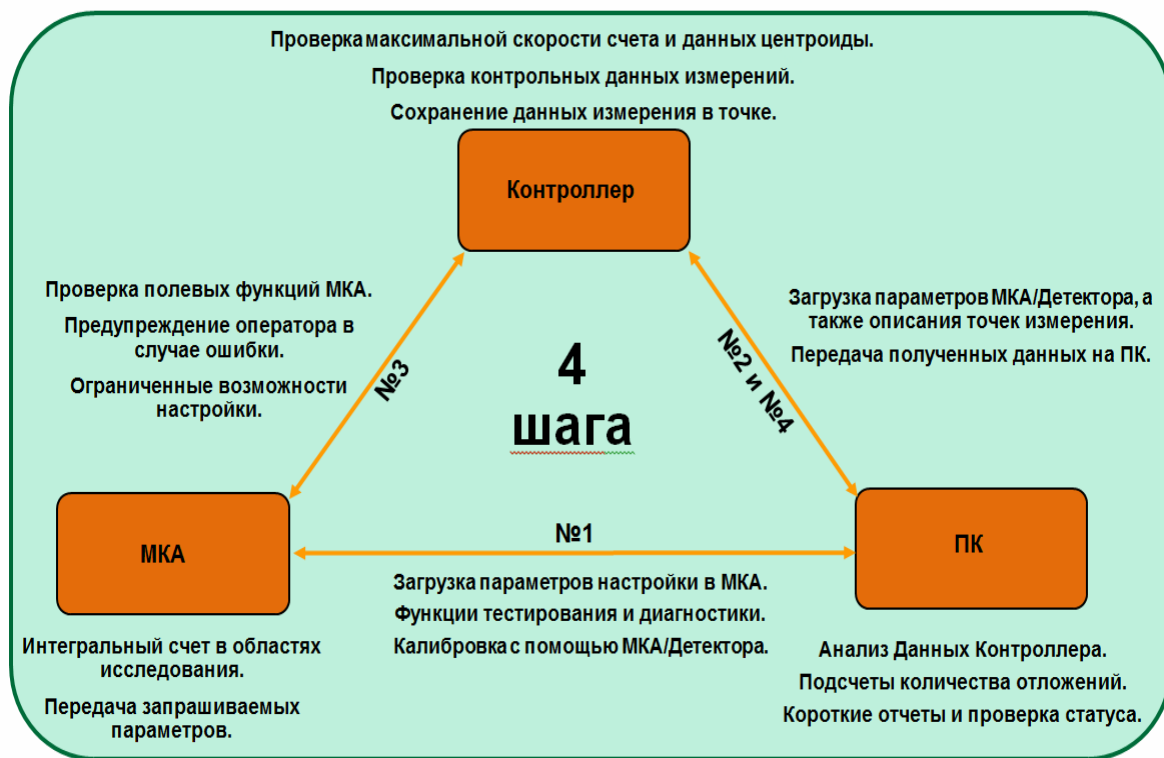


Рисунок 2. Схема взаимодействия компонентов системы HMS-4.

Система является носимой и благодаря наличию полевого контроллера, в который заносится предварительная информация о точках измерения, позволяет оперативно выполнять большое количество измерений отложений ядерных материалов в различном технологическом оборудовании (рисунок 3).



Рисунок 3. Примеры измерений отложений на одном из американских предприятий.

Алгоритм расчета ПО HMS-4 представляет собой метод обобщенной геометрии, который позволяет, выполнив градуировку по одному образцу и выбрав соответствующую геометрическую модель отложений (точечное, линейное, плоское (рисунок 4)), определять количество ЯМ в отложениях в различном технологическом оборудовании.

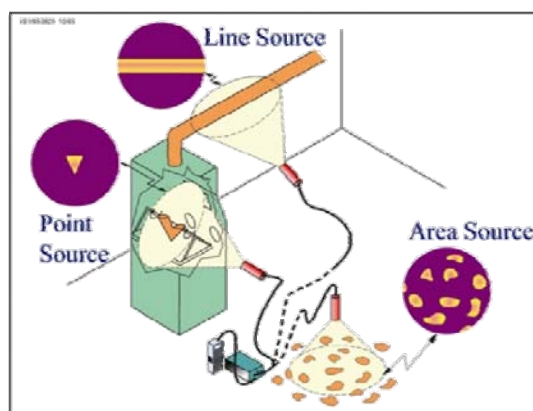


Рисунок 4. Геометрические модели отложений в оборудовании.

Система HMS-4 позволяет частично автоматизировать процесс измерения отложений с помощью использования штрих-кодов (идентификаторов точек измерения). Каждый штрих-код привязан к конкретной точке измерения, информация о которой заносится ранее в ПО HMS-4 (рисунок 5), и может быть наклеен на соответствующее технологическое оборудование. Полевой контроллер, работающий на базе WindowsMobile, может быть совмещен со считывателем штрих-кодов. При считывании штрих кода, полевой контроллер по идентификатору автоматически выбирает соответствующую точку измерения из ранее загруженной в него базы данных и отображает всю необходимую информацию: геометрическую модель отложений в данной точке, расстояние от детектора до измеряемого объекта, время измерения, а также другую информацию и заметки, которые могут служить полезной информацией для оператора. Для начала измерений оператору достаточно поместить детектор на указанном расстоянии от измеряемого технологического оборудования и нажать кнопку «пуск» на полевом контроллере. После окончания серии измерений различных точек, ПО HMS-4 позволяет подвести баланс ЯМ, находящихся в отложениях, в указанной оператором совокупности точек, а также напечатать отчет.

Edit Measurement Point Supplemental Information	
Area:	STC: General Lab
Equipment:	Small Round Duct
Point Area/Equipment:	0801
Point Location:	001
Modified (User I.D.):	101651
Modified (Date):	12/16/03
Modified (Time):	09:24
Source (P, L, or A):	L
Measurement Distance (cm):	30
Point Dia. or Line Width (cm):	0.3
Uncertainty in Pt/Line Width:	0.05
Associated Area (cm ²):	0
Area Uncertainty (cm ²):	0
Associated Length (cm):	0
Length Uncertainty (cm):	0
Alarm Point (cnt/s):	2000
POINT INCLUDED IN AVERAGE GROUP!	
Area Bkg Correction Flag:	?
Area Bkg Correction Factor:	0
Gamma Energy (KeV):	186
Attenuating Material (E or C):	E
Atten. Material (Atomic Sym.):	FE
Material Thickness (cm):	0.156
Material Density (g/cm ³):	0
μ for Material (cm ² /g):	0.14431019
Equipment Wall Corr. Factor:	1.193568
Finite Source Corr. Flag (ON/OFF):	OFF
Self-Attenuation Corr. Factor:	1.12
Geom. Response Corr. Factor:	1
Extra Correction Factor:	1
SNM Enrichment (%):	93
SNM Material Type:	UO3
Notes:	Small Round Steel Duct - south end
Scroll:	Reverse Forward
<input type="button" value="Edit Area/Equip."/> <input type="button" value="Edit Avg. Groups"/> <input type="button" value="Edit Point"/>	
<input type="button" value="Print"/> <input type="button" value="Quit this Menu"/>	

Рисунок 5. Информация о точке измерения

В работе по испытанию системы HMS-4 участвуют следующие заинтересованные предприятия:

ФГУП «ВНИИА», ОАО «ПО ЭХЗ», ОАО «НЗХК», ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ», ФГУП «ПО МАЯК».

Для проведения работ из представителей заинтересованных предприятий была организована техническая рабочая группа (ТРГ).

На сегодняшний день в рамках выполнения данной задачи ФГУП «ВНИИА» в сотрудничестве с заинтересованными предприятиями выполнил следующие работы:

- проведен анализ доступных систем измерения отложений, используемых на предприятиях ГК «Росатом», а также альтернативных систем;
- специалисты заинтересованных предприятий прошли обучение использованию системы HMS-4 в Окриджской национальной лаборатории;
- полученное от американской стороны ПО HMS-4 распространено среди заинтересованных предприятий и установлено для проведения испытаний;
- разработана программа проведения испытаний ПО HMS-4;
- определено предприятие для проведения испытаний системы в реальных условиях - ОАО «ПО ЭХЗ», т.к. это единственное предприятие, на котором имеется полный комплект системы HMS-4.

Согласно техническому заданию испытания будут проводиться в два этапа:

- испытания программного обеспечения HMS-4;
- испытание системы в реальных производственных условиях.

На данный момент ТРГ проводит исследование программного обеспечения HMS-4 по разработанной ранее программе, которая включает в себя верификацию алгоритма расчета и измерение модельных образцов.

Для завершения данной задачи осталось разработать окончательную версию программы испытаний системы HMS-4 в реальных условиях и провести испытания по данной программе.

По результатам данных исследований будут разработаны рекомендации относительно возможности применения данной системы для измерения отложений ЯМ на предприятиях ГК «Росатом» в целях их учета и контроля.

**A Pilot NM Scrap Measurement Program to be Used
for NM C&A Purposes at the “ROSATOM”
Enterprises**

E.A. Losenko, V.V. Sviridova – *FSUE VNIIA, Moscow,*

V.Yu. Popyrin – *JSC “Novosibirsk Chemical Concentrates
Plant”, Novosibirsk,*

M.A. Semenov, S.L. Levunin – *FSUE “PA “Mayak”, Ozersk,
Russia*

The technological process results in production of highly attractive material, i.e. scrap with high U and Pu concentration, which was not measured for the MC&A purpose at the most enterprises. Scrap measurements are extremely important as they belong to accounting measurements and are involves in material balance closing.

Consideration should be given to the description of activities done under a pilot program of scrap measurements at two Rosatom enterprises, namely, FSUE “PA Mayak” (plutonium-containing scrap) и JSC «NCCP» (uranium-containing scrap). Consideration should be given to the main stages of this work. The materials under measurements, the methodology used and the equipment required are described. Consideration is also given to the obtained results and uncertainties.

Пилотная программа измерения скрапа ЯМ в целях УиК ЯМ на предприятиях Госкорпорации «Росатом»

Е.А. Лосенко, В.В.Свиридова (ФГУП «ВНИИА»),

М.А.Семенов, С.Л. Левунин (ФГУП «ПО «Маяк»)

Трехсторонний семинар по учету и контролю ядерных материалов

«Результаты и планы развития Российской ГСУиК ЯМ»

г. Обнинск, Россия, 12-15 ноября 2013 г.

Аннотация

В технологическом процессе образуется высоко привлекательный материал (скрап с высокой концентрацией U и Pu), который на большинстве предприятий ранее не измерялся для целей учета ЯМ. Измерения характеристик скрапа крайне важны, так как относятся к учетным измерениям и участвуют в подведении материального баланса.

Доклад посвящен описанию работ, проводимых по пилотной программе измерения скрапа на двух предприятиях Госкорпорации «Росатом» ФГУП «ПО «Маяк» (плутоний содержащий скрап) и ОАО «НЗХК» (уран содержащий скрап). В докладе представлены основные этапы работ, включая описание измеряемых материалов, методов и необходимой аппаратуры, а также полученные результаты и погрешности.

На предприятиях ядерного топливного цикла в ходе работ образуется большое количество отходов производства и отложений, содержащих уран и плутоний, которые по количеству ядерного материала делятся на: перерабатываемые отходы (скрап) и радиоактивные отходы. Задача измерения характеристик скрапа является крайне важной, так как сведения о количестве ядерного материала в отходах производства необходимы для определения целесообразности дальнейшей переработки или передачи на захоронение, а также для системы учета и контроля ядерных материалов.

В рамках российско-американского сотрудничества по контракту №8 между ФГУП «ВНИИА» и БНЛ выполняется задача по выполнению пилотной программы измерения скрапа. Целью данной работы является разработка и аттестация методик измерения скрапа. Для данной работы были выбраны 2 предприятия: ОАО «НЗХК» для 2-х типов урановых материалов и ФГУП «ПО «Маяк» для 3-х плутониевых материалов. Так как выбранные материалы содержат и уран, и плутоний, то полученные результаты будут служить в качестве примера для других предприятий.

Для выполнения работ по задаче была создана техническая рабочая группа (ТРГ), которая осуществляет экспертизу всех разработанных материалов. В ТРГ вошли представители предприятий: ФГУП «ВНИИА», ОАО «НЗХК», ФГУП «ПО «Маяк», ОАО «ГНЦ НИИАР», ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ», ОАО «ВНИИНМ».

Из большого разнообразия видов скрапа урановых материалов ОАО «НЗХК» в качестве объектов для проведения измерений были отобраны два вида – урансодержащая зола и уран-алюминиевые сметки. Зола получается в результате сжигания горючих утилизируемых предметов и материалов с распределенным в объеме ураном. Сметками называют вид урансодержащих оборотов в виде порошка, стружки и отдельных фрагментов, образующихся в производстве твэлов. Материалы помещаются в типовой технологический контейнер объемом 5

л, который используется при обращении с любыми урансодержащими отходами. Контейнер изготовлен из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т по ГОСТ 5632, толщина стали боковой поверхности – $2 \pm 0,15$ мм, толщина стали по выемке на днище – $3 \pm 0,2$ мм (Рис.1).

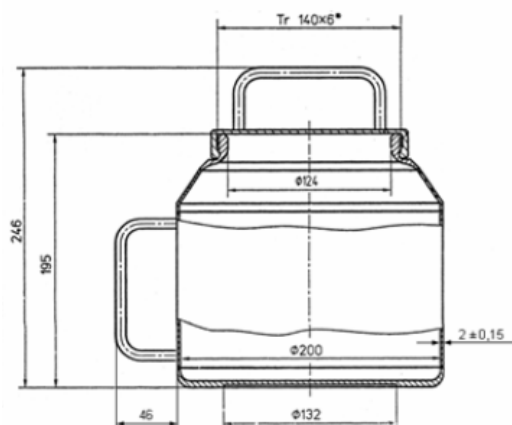


Рис. 1. Типовой технологический контейнер

В таблице 1 представлены характеристики выбранных материалов скрапа.

Таблица 1. Характеристики материалов скрапа

Материал	Характеристика	Значения
Зола	Средняя насыпная плотность	0,8 г/см ³
	Содержание урана в зольной матрице	20-40%
	Номинальные значения обогащения	19%,36%,90%
Сметки	Насыпная плотность	0,8-1,2 г/см ³
	Содержание урана в материале стружки	16-60%
	Номинальные значения обогащения	19%,36%,90%

Насыпную плотность определяли методом виброуплотнения заранее взвешенного количества золы до достижимого объема, который потом точно измеряли. Содержание урана в золе определяли методом пероксидного осаждения. Для этого растворяли известное количество золы в азотной кислоте и проводили селективное осаждение пероксида урана путем добавления в азотнокислый раствор перекиси водорода. Осадок взвешивали, вычитали доли кислорода и получали долю урана. Обогащение урана в золе измеряли масс-спектрометрическим методом, путем распределения по массе ионизированных атомов изотопов урана в постоянном магнитном поле.

Учитывая, что составляющие компоненты в процессе обработки изделий не меняют химический состав, физические свойства и соотношение урана и алюминия, к сметкам не применяют разрушающие методы определения характеристик. Распределение урана в объеме сметок равномерное. Это обусловлено тем, что механической обработке подвергается однородной по своей внутренней структуре уран-алюминиевая шашка.

Для измерения обогащения используется метод регистрации гамма-излучения с энергией от 0 до 300 кэВ, испускаемое изотопами урана и продуктами их распада, при помощи

переносного полупроводникового гамма-спектрометра с высоким энергетическим разрешением типа U-PuInSpector (рис. 2). Детектор располагали на расстоянии 5 см от боковой поверхности контейнера до наружной поверхности коллиматора так, чтобы ось детектора пересекала середину высоты контейнера. Обработку аппаратных спектров, полученных гамма-спектрометром, проводят с использованием компьютерной программы мультигруппового анализа MGAU.



Рис. 2. U-PuInSpector

Для измерения массы изотопа U-235 использовался метод регистрации совпадений нейтронов деления, испускаемых изотопом U-235, под воздействием медленных нейтронов от источников AmLi, при помощи активного колодезного счётчика JCC-51 (рис. 3). Установка включает в себя активный колодезный счётчик JCC-51 с двумя нейтронными AmLi-источниками, анализатор нейтронных совпадений JSR-12 и компьютер с программным обеспечением Windows NCC.



Рис. 3. Счетчик нейтронных совпадений JCC-51

Для измерений массы U-235 с помощью нейтронного счетчика использовали жестяные банки (рис. 4), так как из-за ручки технологический контейнер не помещался в измерительную полость.

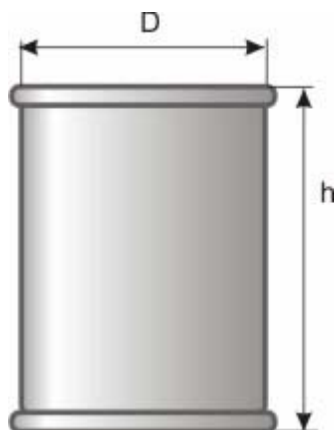


Рис. 4. Жестяная банка объемом 1 л (D105 × h130 мм). Толщина стенок и дна емкости – $0,36 \pm 0,02$ мм

На данный момент в рамках данной задачи ОАО «НЗХК» совместно с ТРГ провели следующие работы:

- проведены предварительные испытания с целью определения пригодности предложенных методов измерения, оптимизации условий измерений и оценки погрешности методик измерения;
- разработаны планы разработки и аттестации МИ скрапа, а также разработки, изготовления и аттестации стандартных образцов;
- разработаны проекты методик измерения;
- разработаны, изготовлены и аттестованы стандартные образцы;
- проведены аттестационные испытания;
- проведен анализ аттестационных испытаний;
- разработаны окончательные редакции МИ;
- проведена аттестация на уровне предприятия.

По результатам проведенного анализа аттестационных испытаний гамма-спектрометрической методики получены следующие метрологические характеристики для золы и сметок (табл. 2): границы относительной погрешности измерений δ , границы относительной случайной составляющей погрешности ε при $n=1$ и $n=3$ (n -число параллельных определений) и доверительной вероятности $P=0,95$ для различных значений массовых долей изотопа U-235, в зависимости от времени измерения, относительная составляющая неисключенной систематической погрешности Θ . Для нейтронной методики метрологические характеристики представлены в таблице 3.

Таблица 2. Метрологические характеристики гамма-спектрометрической методики измерения скрапа при доверительной вероятности $P=0,95$

Материал	Время измер	Номинальные значения	Θ , %	ε , %	δ , %
----------	-------------	----------------------	--------------	-------------------	--------------

	время, с	измеряемых массовых долей U-235, %					
			n=1	n=3	n=1	n=3	
Зола	100	19,0	10,1	11,3	6,5	15,1	12,0
		36,0	6,2	12,4	7,2	13,9	9,4
		90,0	5,6	14,5	8,4	15,6	10,1
	300	19,0	9,8	4,4	2,5	10,8	10,1
		36,0	5,6	5,3	3,1	7,0	6,1
		90,0	5,0	9,3	5,4	10,6	7,3
	600	19,0	9,8	3,7	2,2	10,5	10,0
		36,0	5,6	4,1	2,4	6,9	6,1
		90,0	4,8	7,5	4,3	8,9	6,5
Сметки	100	19,0	4,5	8,9	5,1	10,0	6,8
		36,0	4,5	11,1	6,4	12,0	7,9
		90,0	4,2	10,3	5,9	11,1	7,2
	300	19,0	4,1	4,6	2,6	6,2	4,9
		36,0	3,9	4,7	2,7	6,1	4,7
		90,0	3,7	6,0	3,5	7,0	5,1
	600	19,0	4,1	4,0	2,3	5,7	4,7
		36,0	3,8	2,6	1,5	4,6	4,1
		90,0	3,5	3,7	2,1	5,1	4,1

Таблица 3. Метрологические характеристики нейтронной методики измерения скрапа при доверительной вероятности P=0,95

Материал	Время измерения, с	Номинальные значения измеряемых массовых долей U-235, %	Диапазон измеряемых масс ^{235}U , г	θ , %	δ , %	δ_{MI} , %
Зола	100	19,0	5,0 - 25,0	10,1	11,3	15,1
		36,0	5,0 - 20,0	6,2	12,4	13,9
		90,0	5,0 - 80,0	5,6	14,5	15,6
	300	19,0	5,0 - 25,0	9,8	4,4	10,8
		36,0	5,0 - 20,0	5,6	5,3	7,0
		90,0	5,0 - 80,0	5,0	9,3	10,6
	1000	19,0	5,0 - 25,0	9,8	3,7	10,5
		36,0	5,0 - 20,0	5,6	4,1	6,9
		90,0	5,0 - 80,0	4,8	7,5	8,9
Сметки	100	19,0	10,0 - 70,0	20,2	26,8	33,6
		90,0		19,6	25,9	32,5
	300	19,0	10,0 - 70,0	9,4	12,4	23,8
		90,0		12,0	15,9	19,9
	1000	19,0	10,0 - 70,0	4,8	6,4	8,1
		90,0		6,1	8,1	10,1

На данный момент методики аттестованы на уровне предприятия. Согласно полученному письму от руководства ОАО «НЗХК» нет необходимости проводить аттестацию этих методик на уровне отрасли.

В качестве объектов измерения плутониевых материалов ФГУП «ПО «Маяк» были отобраны три вида – зола, сметки и окись магния. В таблице 4 представлены характеристики материалов скрапа.

Таблица 4. Характеристики плутониевых материалов скрапа.

Влияющий фактор	Значение влияющего фактора		
	Окись магния	Зола	Сметки
Насыпная плотность, г/см ³	0,8-1,2	0,5-0,8	0,6-1,1
Массовая доля плутония в скрапе, %	1-10	1-14	3-27
Массовая доля плутония-239 в плутонии, %, не менее	95		
Однородность матрицы по размеру частиц	Крупные куски, порошок	Мелко дисперсный порошок	Мелкие элементы оснастки, порошок диоксида плутония

Материалы помещаются во внутрикамерный контейнер объемом до 3 л. При хранении и транспортировке внутрикамерный контейнер со скрапом размещают в транспортном контейнере, который помещают в защитный контейнер. Перед измерениями транспортный контейнер извлекают из защитного контейнера (рис.5).



Рис.5. Контейнеры для плутониевых материалов скрапа

Для измерения массы плутония в скрапе было выбрано 2 метода:

- метод нейтронных совпадений с применением счетчика нейтронных совпадения JCC-51, JCC-41 (рис. 6). Определение массы плутония в контейнере со скрапом производят на основе анализа полученных скоростей счета в программе INCC методом «пассивной множественности».
- гамма-спектрометрический метод с применением гамма-спектрометра низкого разрешения (рис. 7). Детектор располагался на расстоянии 25 см. Масса плутония в контейнере пропорциональна интенсивности гамма-излучения в пике энергетической области от 300 до 500 кэВ измеренного спектра за вычетом вклада от изотопа Am-241.



Рис.6. Счетчики нейтронных совпадений JCC-41 и JCC-51.



Рис. 7. Портативный многофункциональный сцинтилляционный гамма-спектрометр MKS-AT6101

На сегодняшний момент ФГУП «ПО «Маяк» в сотрудничестве с ТРГ также выполнили следующие работы:

- проведены предварительные испытания с целью определения пригодности предложенных методов измерения, оптимизации условий измерений и оценки погрешности методик измерения;
- разработаны планы разработки и аттестации МИ скрапа, а также разработки, изготовления и аттестации стандартных образцов;
- разработаны проекты методик измерения;
- разработаны, изготовлены и аттестованы стандартные образцы;
- проведены аттестационные испытания;
- проведен анализ аттестационных испытаний;
- разработаны окончательные редакции МИ;
- проведена аттестация на уровне предприятия.

По результатам проведенного анализа аттестационных испытаний для гамма-спектрометрической методики получены: границы относительной погрешности измерений массы плутония (табл. 5). Границы относительной погрешности измерений массы плутония методом нейтронных совпадений приведены в таблице 6.

Таблица 5. Границы относительной погрешности измерений массы плутония для гамма-спектрометрической методики при доверительной вероятности $P=0,95$

Отношение $\frac{n_{300-500}}{n_{600-740}}$, доля	Скорость счета в области от 300 до 500 кэВ с учетом фона, c^{-1}			
	Свыше 600	60-600	25-60	10-25
Время измерения 60 с				
Свыше 5 до 6 включ.	76	77	80	-
Свыше 6 до 10 включ.	48	49	55	-
Свыше 10 до 15 включ.	38	40	46	-
Свыше 15	31	33	40	-
Время измерения 120 с				
Свыше 5 до 6 включ.	76	76	78	-
Свыше 6 до 10 включ.	48	49	51	61
Свыше 10 до 15 включ.	38	39	42	53
Свыше 15	31	32	35	48

Таблица 6. Границы относительной погрешности измерений массы плутония для нейтронной методики при доверительной вероятности $P=0,95$ (M_{INCC} - коэффициент умножения утечки нейтронов, α_{INCC} - коэффициент «альфа»)

$(M_{INCC} - 1) \cdot \alpha_{INCC}$, отн.ед.	$\pm \delta$, %
Св. 0 до 0,35 включ.	от 14 до 19
Св. 0,35 до 1,1 включ.	от 18 до 28
Сметки	от 11 до 17

Относительная погрешность измерения массы плутония (табл. 6) приведена как диапазон, так как случайная погрешность оцениваться для каждого измерения отдельно.

На сегодняшний момент методики измерения аттестованы на уровне предприятия и ведутся работы по аттестации на уровне отрасли. Все материалы по двум методикам переданы в аттестующую организацию - ОАО «ВНИИНМ».

Все материалы по разработке методик измерения скрапа двух предприятий были рассмотрены на «Международном семинаре по методикам измерения, стандартным образцам и оборудованию для разрушающего и неразрушающего анализа для учета и контроля ядерных материалов» (15 – 19 октября 2012 г., ФГУП «ВНИИА», Москва). Работа, выполненная по пилотной программе измерения скрапа, подтверждает возможность решения задач измерения скрапа для более широкой номенклатуры материалов, в том числе и на других предприятиях. По результатам этого семинара было принято решение о необходимости разработки и выполнения полномасштабной программы измерения скрапа, чтобы охватить всю номенклатуру ядерных материалов скрапа заинтересованных предприятиях Госкорпорации «Росатом».

_____ Е.А.Лосенко
_____ В.В.Свиридова
_____ М.А.Семенов
_____ С.Л.Левунин

The Status of Development of Technique for the U and Pu Identification by Gamma-Spectrometers with Low Resolution

N.V. Moshkina, V.V. Sviridova – *FSUE VNIIA,*
V.V. Talanov – *FSUE SSC RF - IPPE, Obninsk,*
M.A. Semenov – *FSUE “PA “Mayak”, Ozersk*

The identification procedure of NM (nuclear material) in particular uranium and plutonium is widely used in various areas related to ensuring nuclear weapon non-proliferation safeguards beginning with detection and determination of the radionuclides available in the course of combating NM illicit trafficking and ending in confirmation of identification attributes for NM-containing items in the course of physical inventory taking and NM receipt/shipment.

Consideration should be given to the status of work on the development of control procedure for the purposes of U/Pu - containing NM identification by way of confirmatory measurements with an aim to determine the basic element and estimate its content with the use of low-resolution gamma-spectrometers carried out within the framework of US-Russian cooperation.

«Состояние работ по разработке методики идентификации U и Pu с использованием гамма-спектрометров низкого разрешения»
Н.В.Мошкина (ФГУП «ВНИИА»), В.В.Свиридова (ФГУП «ВНИИА»), В.В.Таланов (ФГУП «ГНЦ РФ - ФЭИ), М.А.Семенов (ФГУП «ПО «Маяк»)

Процедура идентификации ЯМ, в частности урана и плутония, широко применяется в различных сферах, связанных с обеспечением гарантий нераспространения ядерного оружия, начиная от обнаружения и определения присутствующих радионуклидов при осуществлении противодействия незаконному обороту ЯМ и заканчивая установлением соответствия идентификационных признаков учетных единиц, содержащих ЯМ, при проведении физической инвентаризации и приеме-передаче ЯМ.

В настоящем докладе представлено состояние работ по разработке методики контроля для целей идентификации ядерных материалов, содержащих уран и плутоний, с помощью гамма-спектрометров низкого разрешения, проводимых в рамках российско-американского сотрудничества.

В конце 2006 года на совместном совещании секретариата российской рабочей группы по аппаратурно-методическому обеспечению УиК ЯМ и представителей проектной группы «Измерения для УиК ЯМ» Министерства энергетики США было принято решение начать работы по разработке методики идентификации урана и плутония с целью удовлетворения потребностей предприятий Росатома в быстром и простом методе подтверждения соответствия полученных или хранящихся ядерных материалов данным сопроводительных и учетных документов в процессе приема-передачи ядерного материала или физической инвентаризации. Предполагалось, что эти измерения должны позволить идентифицировать уран и плутоний, а также определить его тип: низкообогащенный уран, высокообогащенный уран, низкофоновый плутоний, высокофоновый плутоний, МОХ.

В соответствии с этим решением были начаты работы по разработке методики идентификации по контракту с Брукхейвенской национальной лабораторией. Для решения поставленной задачи была создана рабочая группа, состоящая из представителей заинтересованных предприятий (ОАО «ПО «ЭХЗ», ФГУП «ПО «Маяк», ФГУП «НПО «Радиевый институт»), а также предприятий, оказывающих методическую и организационную поддержку (ФГУП «ГНЦ РФ – ФЭИ» и ФГУП «ВНИИА»), и проведено исследование существующих методов и приборов, применяемых для идентификации ядерных материалов.

Согласно определению терминологического словаря [1] идентификация – это процесс опознавания объекта по его идентификационным признакам, ранее зарегистрированным в документах, а идентификация ЯМ – это установление соответствия ЯМ заданному образцу, стандарту, техническим условиям или другим нормативным документам, учетным данным с использованием технических средств. Кроме того, понятие идентификации определяется еще и областью, в которой оно применяется.

Процедура идентификации ядерных материалов (ЯМ), в частности урана и плутония, широко применяется в различных сферах, включая: обеспечение национальной безопасности, обеспечение радиационной безопасности, обеспечение гарантий нераспространения ядерного оружия, начиная от обнаружения и определения присутствующих радионуклидов при осуществлении противодействия незаконному обороту ЯМ и заканчивая установлением соответствия идентификационных признаков учетных единиц, содержащих ЯМ, при проведении физической инвентаризации и приеме-передаче ЯМ и др.

Такое широкое применение идентификации приводит к тому, что суть этой процедуры зависит от конкретной задачи, для которой она применяется. В число таких задач входят: быстрое обнаружение и оценка степени радиологической опасности радиоактивных веществ с целью определения наиболее оптимального способа ее устранения; обнаружение и

идентификация радиоактивных изотопов с отнесением их к определенной категории: промышленные, медицинские, естественные, ядерные (^{233}U , ^{235}U , ^{237}Np , Pu) и др. для предотвращения незаконного оборота ЯМ, проверка соответствия данным учетных и сопроводительных документов для целей учета и контроля ЯМ и т.д. Такое разнообразие целей и задач идентификации ведет, в свою очередь, к большому разнообразию технических средств, применяемых для ее осуществления. Например, для идентификации учетных единиц, содержащих ЯМ, могут применяться как различные УИВ и другие идентификаторы контейнеров с ЯМ, так и результаты измерений с целью сравнения радиационных характеристик контейнеров с ЯМ или с целью определения основного элемента и оценки его содержания.

При осуществлении идентификация в области противодействия незаконному обороту ядерных материалов и радиоактивных веществ и области обеспечения радиационной безопасности в основном применяются портативные приборы типа спектрометров-радиометров, примеры которых приведены в таблице 1. Как правило – это гамма-спектрометры низкого разрешения на основе NaI. Идентификация осуществляется с использованием различных алгоритмов, основным из которых является поиск интенсивных пиков, сопоставление их с базой данных изотопов (нахождение изотопов, соответствующих этим пикам), и подтверждение идентификации изотопа путем обнаружения в спектре других пиков, характерных для данного изотопа. Также широко применяется метод сравнения измеренного спектра с шаблоном.

Таблица 1 – Оборудование, применяемое для поиска и идентификации радиоизотопов [2]

Прибор	Основные функции
Портативный гамма-спектрометр InSpector-1000 (Канберра)	- локализация источника; - идентификация источника с определением вклада в мощность дозы; - идентификация по пику с использованием подтверждающих пиков; - обработка спектров.
Портативные многофункциональные сцинтилляционные гамма-спектрометры МКС-АТ6101 и МКС-АТ6101В (Атомтех)	- идентификация радионуклидов (природных, медицинских, промышленных, ядерных); - поиск и обнаружение источников радиации и измерение мощности дозы; - обработка спектров.
Спектрометры МКС-АТ6102 и МКС-АТ6102А (Атомтех)	- обнаружение и идентификация радионуклидов (природных, медицинских, промышленных, ядерных); - обработка спектров
Радиометр-спектрометр универсальный портативный МКС-А03 (Аспект)	- поиск и локализация радиоактивных источников; - идентификация радионуклидов.
Идентификатор радиоактивных изотопов 940 SAM (Berkeley Nucleonics Corporation)	- обнаружение и идентификация радионуклидов (с привязкой к местности); - спектральный анализ.
Портативный идентификатор нуклидов на базе ОЧГ, серия Detective (ORTEC)	- обнаружение и идентификация нуклидов (с определением категории ЯМ); - анализ изотопных отношений.
Ручной идентификатор радиоактивных изотопов, серия RIDIE (Thermo Scientific)	- идентификация изотопов; - спектральный анализ; - локализация источников.
Универсальный мобильный спектрометрический комплекс «Колибри» (Грин Стар)	- определение обогащения урана - определение загрязнения территорий

На данный момент поставленной перед предприятиями задаче – идентификация урана и плутония и определение их типа, отвечает единственное из представленных в данной

таблице оборудование, а именно, идентификаторы серии Detective на основе ОЧГ-детекторов. К сожалению, такого оборудования на предприятиях Росатома нет.

Еще один из вариантов идентификационных измерений реализован в так называемых установках радиационной паспортизации, применяемых при приеме-передаче ЯМ между ЗБМ предприятий, между предприятиями, а также длительном хранении, когда для подтверждения того, что во время передачи или в процессе хранения не произошло потери, подмены учетной единицы, что количество, состав и конфигурация делящихся материалов остались неизменными, осуществляют измерения одинаковыми или однотипными приборами в определенной фиксированной геометрии как на предприятии-отправителе, так и на предприятии-получателе, и проводят сравнение измеренных радиационных паспортов (в качестве параметров сравнения могут использоваться любые параметры энергетического распределения радиационного излучения, такие как форма гамма-спектра, число импульсов в конкретных окнах, плотность потока нейтронов и т.п.). Как правило, системы, используемые для такой идентификации, основаны на применении спектрометрических систем со сцинтилляционными или полупроводниковыми детекторами и специализированным ПО. Такие системы в свое время разрабатывались во ВНИЭФ, ВНИИТФ. Примеры таких установок приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Оборудование, применяемое для идентификации при приеме-передаче ЯМ [2]

Прибор (производитель)	Основные функции
Портативный прибор (установка) радиационной паспортизации УРП-3 (ВНИИЭФ)	Контроль неизменности количества, состава и конфигурации делящихся материалов, заключенных в контейнер (без его вскрытия), посредством сравнения их радиационных паспортов с использованием аппарата статистической проверки гипотез.
Переносной анализатор для инвентаризации ядерных материалов (ВНИИТФ)	Определение типа ЯМ в защищающих контейнерах без их вскрытия
Стационарный пост для инвентаризации контейнеров с ядерными материалами (ВНИИТФ)	Инвентаризация контейнеров с ядерными материалами без их вскрытия методом сравнения радиационных портретов ЯМ.
Система подтверждения для отправителя-получателя SRCS (Los Alamos)	Подтверждение того, что контейнер не вскрывался во время отправки между установками или во время хранения на установке, путем контроля полного веса контейнера и интенсивности гамма-излучения, испускаемого в диапазонах 185,7, 1001 и 2614 кэВ.

Установки такого типа разрабатывались в начале 2000-х годов и не получили дальнейшего развития в виду ограниченности области их применения. Кроме того, использование установок такого типа позволяет только подтвердить неизменность содержимого учетной единицы в процессе транспортировки или хранения, но не позволяет идентифицировать это содержимое.

Задача, стоящая перед предприятиями, включает в себя элементы идентификации с целью противодействия незаконному обороту и идентификации с целью подтверждения сохранности поставки. Как уже говорилось, предприятиями была поставлена задача идентификации основных ЯМ, таких как уран и плутоний, с их категоризацией, т.е. определением степени обогащения урана (низкообогащенный, высокообогащенный, среднего обогащения) и степени выгорания плутония (низкофоновый, высокофоновый плутоний). При этом измерения данного типа должны быть быстрыми и осуществляться с применением переносных портативных средств. В принципе, такие задачи уже решались с помощью некоторых видов оборудования, таких как идентификатор делящихся материалов

«ИДЕМ» (ФЭИ), уже упомянутые портативные идентификаторы нуклидов серии Detective (ОРТЕК), система быстрой идентификации ВЕСТА-К (ВНИИА) (см. Таблицу 3).

Таблица 3 – Системы идентификации типа и категории ЯМ [2]

Прибор	Основные функции
Идентификатор делящихся материалов ИДЕМ (ФЭИ)	Определение типа делящегося или воспроизводящего материала, степени его обогащения на основе анализа измеряемого спектра гамма-излучения в определенных энергетических диапазонах и сравнения данных измеренного спектра в данных диапазонах с эталонными значениями
Портативный идентификатор нуклидов на базе ОЧГ, серия Detective (ORTEC)	Обнаружение и идентификация нуклидов (с определением категории ЯМ) и анализ изотопных отношений
Системы быстрой идентификации ВЕСТА-К	Идентификация проводится по сравнению атрибутов измеренного спектра с библиотечными данными

К сожалению, присущие данным системам недостатки препятствуют их применению для указанной выше задачи. Так, идентификатор «ИДЕМ» был разработан для измерений конкретных материалов на конкретной установке и не может быть применен для других материалов и установок. Идентификаторы серии Detective относятся к приборам с ОЧГ-детекторами, требующими охлаждения, поэтому включение в состав идентификатора механического охладителя приводит к увеличению его веса и габаритов. Кроме того, на предприятиях Росатома отсутствует такое оборудование. Система ВЕСТА-К находится в стадии опытного образца пока не может быть поставлена на предприятия Росатома.

Таким образом, проведенное исследование показало, что для решения поставленной задачи - идентификации ЯМ с определением его типа с помощью портативного гамма-спектрометрического оборудования (портативность обеспечивается применением детекторов низкого разрешения) необходима разработка новой, экспрессной методики на основе имеющегося на предприятиях оборудования гамма-спектрометрии низкого разрешения.

По решению рабочей группы задача идентификации урана и плутония с использованием гамма-спектрометров низкого разрешения была разбита на 4 части, что позволяет предприятиям применять только те части, которые актуальны для решения их собственных задач:

- 1) идентификация основного элемента – уран, плутоний, уран и плутоний;
- 2) идентификация типа урана (регенерированный/нерегенерированный) и степени его обогащения (уран с массовой долей U-235 от 0 до 5%, от 5 до 20%, от 20 до 60%, свыше 60%);
- 3) идентификация типа плутония (низкофоновый – с массовой долей Pu-240 ~ 5% или высокофоновый – с массовой долей Pu-240 более 10%);
- 4) идентификация МОХ материала с оценкой содержания плутония.

В качестве оборудования, применяемого для идентификации, предполагается использовать существующие на предприятиях Росатома приборы: портативные сцинтилляционные гамма-спектрометры InSpector-1000 производства фирмы «Canberra Industries», многоканальный анализатор Scout-512 производства компании «Quantrad Sensors», российские гамма-спектрометры «Колибри» («Грин Стар») и «Купол» (СНИИП-Автоматика).

В соответствии с принятым делением разработаны 4 дополняющие друг друга методики идентификации по нижеприведенным алгоритмам [3].

Идентификация основного элемента осуществляется либо пороговым, либо визуальным методом, в зависимости от исходной информации. При наличии данных о материале и толщине стенок контейнера, химической и физической форме исследуемого образца применяют пороговый метод, заключающийся в измерении скоростей счета (числа импульсов или площади пика – в зависимости от используемого оборудования) в установленных окнах, соответствующих областям энергии 186-208 кэВ для урана и ~414 кэВ

для плутония, и сравнении полученных значений с пороговыми значениями, заданными в так называемых идентификационных картах¹. При превышении порогового значения, установленного для области 186 кэВ, материал идентифицируется как уран, при превышении порогового значения, установленного для области 414 кэВ, материал идентифицируется как плутоний, при превышении пороговых значений в обеих областях – материал идентифицируется, как МОХ. При использовании визуального метода проводится набор спектра в течение определенного времени с последующим визуальным сравнением со спектрами базы данных. В зависимости от возможностей используемого оборудования база данных спектров сравнения может храниться в памяти оборудования, и сравнение спектров может осуществляться путем наложения измеренного спектра на шаблонные спектры, либо быть представленной в виде распечаток спектров. В последнем случае сравнение осуществляется визуально.

Идентификацию вида и степени обогащения урана также предполагается осуществлять двумя способами – пороговым и визуальным. Пороговый метод применяется для материалов с известными паспортными данными (физической и химической формой образца, материала и толщины стенок контейнера). При определении вида урана (регенерированный/нерегенерированный) проводят измерение в области 186 и 230-250 кэВ. При превышении заданного для данного диапазона предполагаемой м.д. ²³⁵U уровня соотношения скоростей счета в данных областях определяется присутствие в образце регенерированного урана. После чего приступают к определению степени обогащения. Степень обогащения урана определяется с использованием метода «измерения бесконечно толстого образца», который накладывает дополнительные ограничения на применимость данной методики, а именно, соответствие измеряемого образца критерию «бесконечно толстого слоя». Для образца урана толщина т.н. «бесконечного слоя» для гамма-излучения с энергией 186 кэВ составляет примерно 0,2 – 3 см (для образцов металлического урана и диоксида урана, соответственно), что соответствует выполнению данного требования практически для всех образцов, измеряемых в процессе приема-передачи и проведения физической инвентаризации, для которых в основном и предназначена данная процедура идентификации. В зависимости от того, является ли уран регенерированным или нет, используются разные методы определения степени обогащения. Для образцов, содержащих регенерированный уран, применяют метод аппроксимации пика 186 кэВ, для образцов с нерегенерированным ураном возможно применение любого из методов – двухоконного, метода аппроксимации, метода изотопных отношений. Для проведения быстрой идентификации проводят сравнение измеренных скоростей счета (числа импульсов, площади пика – в зависимости от используемого оборудования и вида урана) с диапазонами значений, указанных в идентификационных картах, в которых для каждой степени обогащения урана для заданной матрицы образца, а также материала и толщины стенки контейнера задан определенный диапазон значений измеряемого параметра, и по результатам сравнения относят измеряемый образец к урану той или иной степени обогащения. При необходимости и/или наличии дополнительного времени проводят расчет массовой доли урана-235 в уране и сравнение полученного значения с диапазонами, заданными в идентификационной карте. Для образцов с отсутствующими или ненадежными паспортными данным используют визуальный метод идентификации, заключающийся в наборе спектра в течение определенного времени и сравнении полученного спектра со спектрами, хранящимися в базе данных для разных обогащений. По виду спектра и оценивают степень обогащения урана.

Идентификация вида плутония осуществляется аналогично определению степени обогащения урана с помощью порогового или визуального метода в зависимости от

¹ Идентификационные карты представляют собой таблицы, составляемые по результатам измерений стандартных образцов, содержащие либо пороговые значения, либо диапазоны значений измеряемых параметров спектра (скорости счета, числа импульсов, площади пика – в зависимости от применяемого оборудования), по результатам сравнения с которыми осуществляется идентификация типа и категории материала.

исходной информации об измеряемом образце. При применении порогового метода оценивается относительная массовая доля Pu-241 (определение доли Pu-240 не проводится вследствие слабой интенсивности излучения данного изотопа). Для проведения быстрой идентификации проводят измерение скорости счета в области 208 кэВ (излучение ^{237}U – дочернего изотопа ^{241}Pu) и сравнение полученного значения с диапазонами значений из идентификационной карты, заданными для образцов плутония данной формы, находящихся в контейнере из заданного материала с заданной толщиной стенок. Ограничением к данному виду идентификации является его использование для свежих образцов. Окончательная идентификация осуществляется расчетом массовой доли ^{241}Pu и сравнением ее значения со значениями, указанными в идентификационной карте.

Идентификация образца как МОХ-материала осуществляется по методике, аналогичной той, что применяется для определения основного присутствующего элемента, с тем дополнением, что при этом еще определяется содержание плутония путем измерения гамма-излучения в области 129 кэВ с использованием метода «измерения бесконечно толстого образца», а при необходимости определяется и содержание урана.

В настоящий момент подготовлены первые редакции указанных выше методик идентификации и разрабатываются программы экспериментальных исследований, которые позволят уточнить оптимальные условия измерений, включая число и время измерений, оптимальные границы энергетических окон, измеряемые параметры, определить пороговые значения для внесения в идентификационные карты, набрать образцовые спектры для визуальной идентификации. По результатам экспериментальных исследований будут разработаны окончательные методики идентификации.

И в заключении хотелось бы упомянуть о том, что разрабатываемая методика идентификации урана и плутония с использованием гамма-спектрометров низкого обогащения относится к методикам контроля, поэтому в число метрологических характеристик данной методики помимо характеристик погрешности измерений должны входить также характеристики достоверности контроля.

Литература

1. «Учет, контроль и физическая защита ядерных материалов», Терминологический словарь, Госкорпорация «Росатом», Москва, 2011.
2. «Каталог приборов учета и контроля ядерных материалов», 3-е издание, Москва, 2009.
3. Отчет по задаче 7.1.4.29.3а «Проекты методик измерений» контракта №8 ВНИИА-БНЛ, Москва, 2013 г.

_____ Н.В.Мошкина

_____ В.В.Свиридова

_____ А.А.Ефремова

_____ В.В.Таланов

**Operability Analysis of the Weighing Systems
Supplied by the U.S. NL to Weigh NMs at the
Siberian Chemical Combine**

I.S. Shishkov, A.P. Yarygin – *JSC “Siberian Chemical
Combine”, Seversk*

Consideration should be given to the overview of the status and the number of weighing systems supplied to the Siberian Chemical Combine under the international cooperation with the U.S. National Laboratories within the period from 1998 to 2013. Besides, consideration should be given to the need for weighing systems upgrading and to the options of their further use after completion of some SCC production programs

Анализ работоспособности весового оборудования для взвешивания ЯМ.

«СИБИРСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ»
(ОАО «СХК»)

И.С. Шишков, Я.П. Ярыгин

Государственная система учета и контроля ЯМ, в том виде как мы её сегодня знаем, сложилась в нашей отрасли относительно недавно. Своё начало она берёт с выхода в 1995 году приказа Министерства по атомной энергии «О первоочередных работах по разработке и внедрению государственной СУиК ЯМ...».

Конечно, учет и контроль ЯМ существовал и ранее. Но это была внутренняя задача каждого из предприятий отрасли в отдельности. Одновременно с этим, оборудование, участвующее в системе УиК ЯМ, было значительно изношено и не соответствовало современным требованиям. Измерения ЯМ проводились на аналоговых весах с соответствующей им точностью.

Таким образом, перед специалистами отрасли и СХК в частности, была поставлена задача (слайд № 2) по комплексному усовершенствованию систем учета и контроля ЯМ, целью которой являлось повышение точности и надежности измерений, связанных с учетом делящихся материалов.

Для достижения поставленной цели одной из первоочередных мер по модернизации системы УиК ЯМ на СХК стала модернизация и внедрение современного весового оборудования, которое является одним из основных источников учетных данных. Весовое оборудование модернизировалось и внедрялось прежде всего на участках проведения работ с ЯМ I и II категорией.

Учет и контроль ядерных материалов (слайд № 3) предъявляет высокие требования к точности измерения веса ЯМ, поэтому при выборе весового оборудования основными были следующие требования:

- Указанная точность должна обеспечиваться в реальных производственных условиях.
- Используемое весовое оборудование должно быть приспособлено для работы в специфических технологических процессах.
- Внедрение нового весового оборудования не должно требовать существенного изменения действующего технологического оборудования.
- Применяемые технические средства (основное весовое и вспомогательное оборудование) должны соответствовать современному уровню развития техники измерения веса.

- Должно использоваться оборудование фирм, имеющих опыт в разработке, изготовлении и обслуживании весового оборудования.
- Создание однородного технического парка в подразделении.

В период с 1997 по 2000 года на заводах СХК было внедрено более ста новых электронных весов для взвешивания ЯМ и большое количество сопутствующего оборудования, используемого для калибровки весов, для ремонта и технического обслуживания, для приёма и обработки результатов взвешивания, а также эталонные гири.

Также была организована работа по переработке нормативной документации и разработке новых методик выполнения измерений.

Во все подразделения СХК (слайд № 4), кроме ХМЗ, поставлялось весовое оборудование фирмы Mettler Toledo, на ХМЗ – весовое оборудование фирмы Sartorius. В инсталляции весового оборудования, кроме персонала СХК, участвовали и специалисты фирм изготовителей.

Таким образом, мы получили возможность собирать, обрабатывать, хранить и использовать при выполнении процедур, связанных с учетом и контролем ЯМ информацию, полученную с помощью современного электронного весового оборудования. (слайд № 5)

В ходе работ по дальнейшему развитию системы УиК ЯМ на СХК, помимо модернизации парка весового оборудования, в 2001 году была начата работа по внедрению компьютеризированной системы учета и контроля ЯМ. В сотрудничестве с российскими специалистами из ВНИИЭФ (г. Саров) и при поддержке НЛ МЭ США в 2000 году было разработано программное обеспечение «ACCORD 2000». Впоследствии данное ПО было внедрено на РХЗ СХК, с дальнейшей адаптацией и внедрением на каждом из заводов СХК.

С 2005 года, в рамках контракта по устойчивому функционированию поставленного ранее оборудования СУиК ЯМ, проводится работа по замене вышедшего из строя и по поставке нового весового оборудования.

С 2011 по 2013 год, за счёт собственных средств СХК и средств резерва ГК «Росатом», на Завод разделения изотопов поставлено большое количество большегрузных весов с пределом взвешивания от 50 килограммов до 20 тонн. Работа выполнялась в рамках расширения АСУиК ЯМ этого завода.

При поддержке НЛ МЭ США (слайд № 6) организовано и проведено обучение персонала, занятого эксплуатацией и обслуживанием весового и компьютерного оборудования СУиК ЯМ.

С учетом вышеизложенного можно с уверенностью сказать, что поставленная перед специалистами СХК задача – выполнена. Проведённая работа

по комплексной модернизации системы УиК ЯМ и её приведению в соответствие современным нормам и правилам, повысила точность и надёжность измерений ЯМ.

В 2013 году, с целью подведения итогов и обобщения опыта более чем 15-летней эксплуатации на СХК весового оборудования, поставленного в рамках международного сотрудничества и задействованного в системе УиК ЯМ СХК, организована и проведена работа по анализу работоспособности весового оборудования для взвешивания ЯМ.

Основными объектами анализа явились:

1. Электронные весы;
2. Наборы стандартов веса (гири).

Как уже было отмечено (слайд № 7), внедрение весового оборудования для взвешивания ЯМ на СХК проходило в несколько этапов. Общее количество внедрённого весового оборудования на СХК, за период с 1997 по 2013 год, составило 168 единиц.

На слайде Вы можете видеть количество внедрённого весового оборудования в каждом из подразделений СХК.

В результате проведённого анализа были определены потребности подразделений СХК в замене весового оборудования, выработавшего свой ресурс и в пополнении «горячего резерва» (слайд № 8).

В заключении своего доклада хочется отметить, что в процессе обновления парка весового оборудования не может быть поставлена точка. Процесс обновления движется по циклическому кругу: на смену одним нормативным документам приходят новые, повышается точность измерений, не стоит на месте технический прогресс. Поэтому модернизация СУиК ЯМ в целом и весового оборудования в частности, на нашем предприятии продолжается.

Portable Equipment Development and Testing for NM Detection and Express-Identification

**S.F. Razinkov, D.A.Sivachev, V.V.Stepashkin,
A.M.Kokorin, S.V.Tsybriaev, S.E. Kondratov, D.V.
Glukhodedev, G.M.Skripka – *FSUE RFNC VNIIEF,
Sarov***

Consideration should be given to two developments of hand-held devices to detect and identify NM and RS. The “URS-02” instrument is a universal radiometer-spectrometer whose gamma-channel is based on the NaI scintillation detector, and in the neutron channel the He-3 counter is used. The “SP-01” device is a gamma-spectrometer based on a wide-band CdTe semiconductor detector which is put on the State Register of approved measuring instruments.

The technical specifications of the developed instruments are given; their operation modes and the algorithms used are briefly described.

Портативный спектрометр-идентификатор источников ионизирующих излучений СП-01

Белов В.В., Завьялов Н.В., Кокорин А.М., Кондратов С.Е., Пикарь В.А., Разиньков С.Ф., Родигин А.В., Сивачев Д.А., Степашкин В.В.
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» Институт ядерной и радиационной физики.

М.П. Жуков, Е.В. Федоров, А.Х. Хусаинов.
ФГБУ «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова».

(Доклад на трехсторонний семинар «Результаты и планы развития российской ГСУиК ЯМ», г. Обнинск, 12-15 ноября 2013г.)

Портативный спектрометр-идентификатор источников ионизирующих излучений относится к области спектрометрии гамма-излучения, в частности, к устройствам для обнаружения и экспресс-идентификации. Прибор может быть использован в программах учета и контроля ЯМ.

Прибор выполнен в двухблочной компоновке, включающей блок детектирования (БД) и блок управления и обработки данных (БУОД).

В состав БД входит электроохлаждаемый полупроводниковый гамма-детектор на основе р-і-п структуры из теллурида кадмия (CdTe) большого объема, изготовленного по оригинальной технологии /A.Kh.Khusainov, T.A.Antonova, V.V.Lysenko.R.K. Makhkamov, V.F.Morozov, A.G.lives, R.D.Arlt, «Energy resolution of large-area CdTe p-i-n detectors with charge loss correction», Nucl.Instr.and Meth. A 458 (2001) p.242./, модули обработки сигналов с детектора, источники вторичного электропитания и модуль связи с блоком управления.

Блок управления и обработки данных выполнен на основе распространенного коммуникатора фирмы HTC с системой Android, с установленным специализированным программным обеспечением. Помимо функции управления БД, БУОД используется для обработки и хранения измерительных данных, идентификации источников гамма-излучения, а также шифрования и передачи данных в удаленный экспертный центр для более детальной обработки (в случае необходимости). Использование коммуникатора позволяет проводить идентификацию изотопов скрытно, не привлекая внимания окружающих.

Определение качественного, а в некоторых случаях- количественного состава радиоизотопов производится на основе сравнения полученных зарегистрированных данных с заложенными в прибор библиотечными характеристиками специальных ядерных материалов, технических, медицинских и природных радиоизотопов. Целью данной разработки было создание портативного и компактного гамма-спектрометра, пригодного для обнаружения и регистрации гамма-излучений с высоким энергетическим разрешением, необходимым для надежной идентификации и контроля состава источников излучения, проводимого, в том числе скрытно, без привлечения внимания окружающих.

Технические характеристики СП-01:

- энергетическое разрешение по линии изотопа ^{137}Cs (662кэВ) - не более 4,0кэВ (0,6%);
- диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения - от 60 до 1500 кэВ;
- число каналов амплитудного анализатора- 4096;
- время установления рабочего режима - не более 5 мин.;
- интегральная нелинейность - не более 0,2%;
- максимальная потребляемая мощность в режиме охлаждения- не более 5Вт;

- габаритные размеры блока детектирования- 150мм^x 143мм^x 63мм;
- масса нетто - не более 1,7кг;
- средняя наработка до отказа в нормальных климатических условиях - не менее 4000ч.;
- назначенный ресурс - не менее 10000 ч.;
- назначенный срок службы- не менее 6 лет при периодическом восстановлении геттера.

Внешний вид СП-01 представлен на фото рис.1.

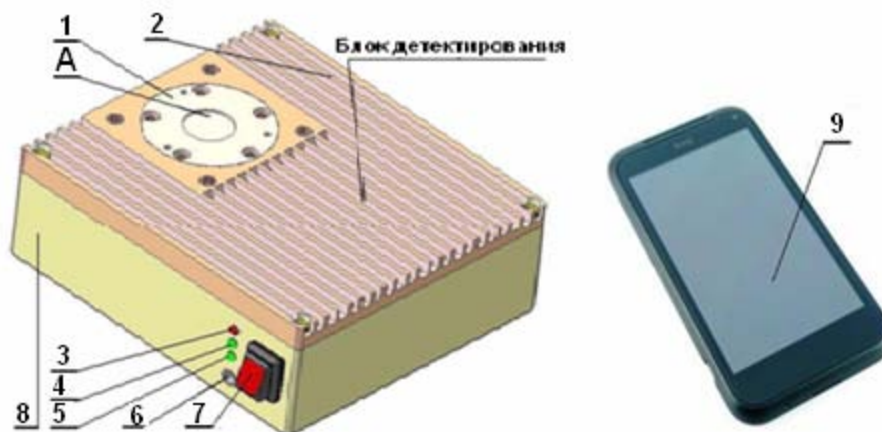


Рис.1. Внешний вид СП-01. 1- вакуумированный корпус блока детектирования с охлаждаемым CdTe детектором; 2- радиатор (крышка корпуса модуля спектрометрического); 3 - светодиод индикации разряда батареи; 4 - светодиод индикации готовности прибора к работе; 5- светодиод индикации заряда батареи; 6 - разъем для заряда аккумуляторной батареи; 7- тумблер включения-выключения прибора; 8- корпус прибора; 9- коммуникатор. А – лицевая поверхность блока детектирования.

Блок содержит миниатюрную вакуумную камеру, в которой размещается трёхкаскадный Пельтье-охладитель размерами 14x18x10 мм. На холодном спае (рабочая температура минус 40°С) термоохладителя приклеен гамма-детектор CdTe с входным каскадом предусилителя. Вакуум в камере блока детектирования, необходимый для снижения энергопотребления детектора из-за теплопередачи, создается с помощью магнитоэлектрического микронасоса, а затем поддерживается с помощью геттерного насоса. Данный насос обеспечивает поддержание вакуума на уровне лучше, чем 10^{-4} мм рт. ст. в рабочем объеме камеры детектора не менее 6 месяцев. Величина разрежения в вакуумной камере контролируется температурой холодного спаея.

Кристалл полупроводникового гамма-детектора CdTe представляет собой обратно-смещенный р-п переход, который проводит заряд при образовании ионизации в чувствительной области. Сигнал подается на зарядочувствительный предусилитель для преобразования заряда в импульс напряжения. Схематичный чертеж блока детектирования приведен на рисунке 4.

Источник питания представляет собой два аккумулятора “Saft” MP 17065, соединенных последовательно. Номинальное напряжение источника питания 7,5 В, энергоёмкость ~ 6,8 А·ч.

Электронная схема платы питания вырабатывает из первичного напряжения аккумулятора три стабилизированных напряжения: + 12В, минус 12В, +4В. Напряжение + 12В, и минус 12В питают электронные схемы – HV-преобразователя, предусилителя-

корректора и анализатора. Напряжение + 4В питает электронные схемы анализатора. Кроме этого плата питания обеспечивает зарядку аккумулятора и защиту аккумулятора от перезаряда и глубокого разряда.

Использованный в блоке детектирования корректор потерь заряда, которые обусловлены захватом «дырок» в рабочем объеме детектора, что, в свою очередь приводит к ухудшению энергетического разрешения, работает на основе принципа априорного знания зависимости амплитудного значения энергетических потерь на выходе спектрометра от формы фронта импульсов на выходе зарядочувствительного предусилителя.

Усилитель с пиковым детектором и АЦП усиливает и формирует сигналы с предусилителя-корректора гамма-детектора. Формирователь укорачивает «длинную» спадающую часть импульса примерно до 4 мкс. После усиления импульсы поступают на вход компаратора. Кроме того, импульсы с фильтра, после усиления, подаются на схему пикового детектора. Пиковый детектор выдает на микропроцессор сигнал готовности к проведению измерений и аналоговый сигнал с изменяющейся амплитудой в зависимости от величины поглощенной энергии гамма-кванта в гамма-детекторе. При появлении сигнала готовности микропроцессор, при помощи АЦП, производит измерение амплитуды импульса, полученное значение добавляет в энергонезависимую память, хранящую текущий измеряемый спектр и выдает сигнал сброса на пиковый детектор, для приведения его в исходное состояние. Команды начала и остановки измерений, чтения и обнуления измеряемого спектра передаются между БУОД и микропроцессором через модуль Bluetooth BlueNiceCom.

Схема стабилизации температуры Пельтье-охладителя представляет собой замкнутую следящую систему регулирования. В качестве датчика температуры используется терморезистор, приклеенный на сапфировой подложке холодной площадки термоэлектрического охладителя.

Ток через охладитель регулируется системой таким образом, чтобы сопротивление терморезистора (а значит и температура) оставались неизменными. Максимальный ток через охладитель контролируется схемой ограничения тока и не может превысить 1А.

Схема стабилизации, при включении модуля питания, для предотвращения термоудара, обеспечивает плавное нарастание тока охладителя;

Микропроцессор осуществляет приём и сортировку сигналов с детектора, производит обработку спектрометрической информации с гамма-детектора, осуществляет временное хранение информации. Кроме того, процессор управляет работой пикового детектора, сбрасывая его после оцифровки очередного импульса и подготавливая к приёму нового импульса с помощью электронного ключа и управляет при помощи ЦАП уровнем «порога» срабатывания компаратора, отсекая шумовые импульсы и импульсы гамма-излучения менее на уровне, соответствующем 50кэВ;

Высоковольтный преобразователь вырабатывает стабилизированное напряжение + 2000В для питания CdTe гамма-детектора. Плата высоковольтного преобразователя помещена в металлический экран.

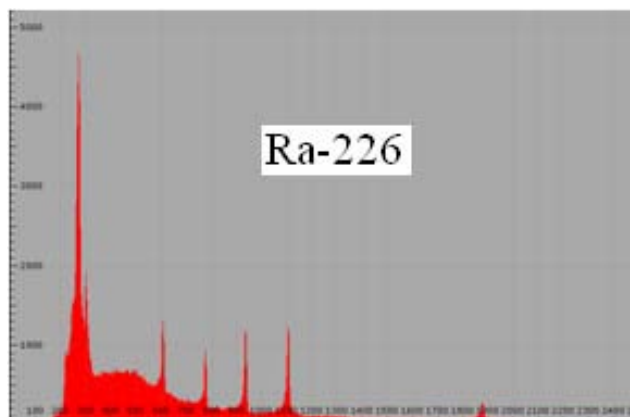
Модуль связи по стандарту Bluetooth с приемно-передающей антенной осуществляет двухстороннюю связь по радиоканалу с БУОД (коммуникатором).

Окончательная обработка полученной информации и принятие решений проводится на подключенном по радиоканалу связи коммуникаторе.

При включении блока детектирования по индикаторным светодиодам контролируется состояние аккумуляторной батареи и при необходимости подключается зарядное устройство. После включения блока детектирования включается смартфон и запускается специализированное программное обеспечение. Смартфон по протоколу беспроводной связи Bluetooth автоматически соединяется с блоком детектирования, при этом включается режим самодиагностики блока, происходит охлаждение детектора Пельтье-охладителем. Система питания и контроля Пельтье-охладителя обеспечивает

плавное нарастание тока охладителя при включении модуля питания для предотвращения термоудара на кристалл детектора. Затем происходит плавный подъем высокого напряжения смещения гамма-детектора, после чего спектрометр готов к работе.

На рисунке 2 приведена спектрограмма Ra-226, полученная с помощью портативного спектрометра-идентификатора СП-01.



The drawing experience of the machine-reading marking on the NMCA subjects at IPPE

V.G. Dvuchsherstnov, V.I. Regushevski – *FSUE SSC RF*
- *IPPE, Obninsk*

Bar-coding and matrix encoding have been used for computer-aided control and accounting of NM and other MC&A objects in SSC RF-IPPE for more than 15 years. As the operating experience has been gained, the list of symbols (character encoding) employed expanded (one-dimensional Code39, Interleaved 2 of 5, two-dimensional Data Matrix ECC 200) and especially the technologies and options of marking application on the accounting objects.

Initially the identifiers were printed with the use of a special Zebra printer on polyester labels with a sticky layer and they were glued on the accounting objects. Consideration should be given to advantages and disadvantages of one-dimensional symbols use from the standpoint of reducing an operator load and impact on the critical assemblies' properties. The disadvantages revealed have resulted in the use of both additional two-dimensional symbol Data Matrix ECC 200 and changeover to application (in most cases) of marking directly on NM disk cladding using a Zenith laser system with the custom software. For a restricted number of disks the direct application of marking on the cladding appeared unacceptable. In this case the technology of laser marking application on an intermediate carrier – TESA tape was offered. Then the prepared labels were installed on the NM disk claddings. The need of system approach in decision making on implementation of computer-aided MC&A methods at the enterprise with the use of hardware-read marking is discussed and highlighted.

ОПЫТ НАНЕСЕНИЯ АППАРАТНО ЧИТАЕМОЙ МАРКИРОВКИ НА ОБЪЕКТЫ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ в ГНЦ РФ-ФЭИ.

Двухшерстнов В.Г., Регушевский В.И.
(ГНЦ РФ-ФЭИ)

Доклад на «Трехсторонний семинар по учету и контролю ядерных материалов.
Результаты и планы развития Российской ГСУиК ЯМ». 12-15 ноября 2013 года, Обнинск, Россия.

АННОТАЦИЯ

На протяжении более 15 лет для автоматизированного учета и контроля ЯМ и других объектов УиК ЯМ в ГНЦ РФ-ФЭИ используется штриховое и матричное кодирование. По мере накопления опыта работы расширился перечень используемых символик (кодировок) (одномерные Code39, Interleaved 2 of 5, двумерная Data Matrix ECC 200) и, особенно, технологии и варианты нанесения маркировки на объекты учета. Первоначально идентификаторы с помощью специального принтера Zebra печатались на полиэфировых этикетках с липким слоем и наклеивались на объекты учета. В докладе обсуждаются преимущества и недостатки использования одномерных символик с точки зрения уменьшения нагрузки на оператора и влияния на свойства критических сборок. Обнаруженные недостатки привели к использованию как дополнительной – двумерной символики Data Matrix ECC 200 и переходу на нанесение, в большинстве случаев, маркировки непосредственно на оболочку блочков с ЯМ с помощью лазерной установки Zenith со специализированным ПО. Для некоторых типов блочков непосредственное нанесение маркировки на оболочку оказалось неприемлемым. В этом случае предложена и использована технология нанесения лазерной маркировки на промежуточный носитель из ленты TESA. После этого предварительно подготовленные этикетки устанавливались на оболочки блочков с ЯМ. Обсуждается и подчеркивается необходимость системного подхода при принятии решения о внедрении на предприятии автоматизированных методов УиК с использованием аппаратно читаемой маркировки.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость наличия уникальных идентификаторов на объектах учёта и контроля с ядерным материалом (учётных единицах) сформулирована в Приложении № 2 к ОПУК [1]. Такое требование впервые в явном виде было сформулировано в середине 90 годов прошлого века [2] и потребовало для таких организаций, как ФЭИ, имеющих в работе большое количество учетных единиц, отнестись с большой серьёзностью как к выбору системы идентификации, так и способам нанесения уникальных идентификаторов на объекты с ЯМ и другие объекты, не содержащие ЯМ, но вовлеченные в сферу действия требований ОПУК (например, пломбы, разрешенные местоположения учетных единиц и др.). Настоящий доклад посвящен второму направлению работ – способам нанесения идентификаторов.

В процессе эксплуатации объектов с нанесенной маркировкой реально подтвердился тезис о необходимости выбора технологии нанесения маркировки с учётом многих обстоятельств, которые сопутствуют дальнейшему использованию маркированных объектов учета.

Первоначально, по совету американских коллег, помогавшим нам в начале работ, было принято применять маркировку в виде аппаратно читаемых изображений - штриховых кодов [3]. Использование штрихового кодирования позволяет минимизировать роль «человеческого фактора» с двух сторон. С первой, обычно всем известной и работающей везде, это снижение ошибок оператора, возникающих при

визуальном считывании и ручной фиксации в оперативных документах значения идентификатора. С другой стороны (это наша специфика!), при работе с ядерными материалами, мы получаем возможность удалить оператора на большее расстояние от радиоактивного материала и уменьшить время работы с отдельной УЕ до нескольких секунд.

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ

Перейдём к нашей основной теме – способам нанесения маркировки.

ВАРИАНТ 1.

Первоначально мы использовали опыт и рекомендации американской проектной группы. Это реализовалось в использовании полиэстеровых заготовок с клеевым слоем, подготовленных в рулонах для установки в специальный принтер Zebra 300 [4]. В качестве идентификатора использовался системный номер объекта учета, изображаемый в двух вариантах – в виде штрихового кода 12of5 или Code39 и последовательности арабских цифр. Фирменный программный пакет [4] использовался для подготовки и печати как отдельных этикеток, так и серий с использованием сведений из базы данных по ЯМ. Примеры маркировки показаны на фото 1 - 4.

В результате этого мы сумели достаточно быстро подготовить необходимое количество (несколько тысяч) этикеток с системными номерами УЕ и контейнеров с ЯМ, местоположений и установить их на объекты учета в разных ЗБМ. Под установкой здесь подразумевается снятие этикетки с ленты – носителя и приклеивание её на объект учета. При этом необходимо обеспечить геометрические характеристики (подходящий размер и близость к плоскости) и чистоту поверхности, на которую устанавливается этикетка.

В то же время для части УЕ с ЯМ, которые применяются в экспериментах на критических сборках, обнаружились проблемы, связанные с геометрией поверхностей для установки этикеток, сохранностью этикеток при взаимном трении блочков. Другая сторона проблемы состояла в том, что блочки с ЯМ являются элементами для комплектовки топливных стержней критических сборок, моделирующих проектируемые реакторные установки. Установленные на блочки с ЯМ этикетки влияют, по меньшей мере, на два физических параметра – геометрию (толщина этикетки 0,3 мм) и спектр нейтронов (материал этикетки содержит водород). Поэтому в расчётных программах необходимо учитывать эти влияния. Кроме этого, было обнаружено частичное отклеивание этикеток при длительном снижении температуры в хранилище до $\sim +10^\circ \text{C}$.

ВАРИАНТ 2.

Полученный опыт и указанные выше причины потребовали поиска других технологий для повышения качества и стойкости аппаратно читаемых идентификаторов и требующих меньшей площади для их нанесения.

Предварительный анализ и обсуждения с американскими коллегами показали, что лазерные технологии маркировки и использование двумерной символики (в качестве дополнительной к уже используемым одномерным символикам) могут дать возможность обойти встретившиеся трудности.

Работа проводилась в двух направлениях – поиск штрихового (или матричного) кода с большей информационной плотностью на единицу площади поверхности и технологии нанесения, которая не имела недостатков, указанных выше. В качестве кода был выбран матричный код Data Matrix ECC level 200 [5], который позволил наносить закодированный идентификатор, содержащий 10 цифр, на площадку размером до $2 \times 2 \text{ мм}^2$.

При выборе технологии нанесения меток принимались во внимание следующие факторы:
ядерно- физические,

механические, температурные, радиационные воздействия на УЕ, геометрия УЕ и др.

После предварительных проработок для дальнейшего тестирования выбраны следующие технологии [6]:

Laser coloring (Лазерное окрашивание). Это нагревание металла до появления окрашивания. Окрашивание в черный цвет происходит за счёт визуализации углерода, входящего в состав металла, при нагреве лазерным лучом. Ничего не добавляется и не снимается, но тонкий слой стали может деформироваться при нагревании. При рассмотрении с обратной стороны можно видеть, что образ проникает в толщину оболочки – не в цвете, но в искривлении поверхности.

Laser etching (Лазерное травление). Снятие небольшого количества материала с поверхности. Это работает для стали и алюминия. Опасность этой технологии в том, что она может вызвать поверхностные нарушения при использовании больших мощностей лазера при травлении.

Laser bonding (Лазерная наварка, наплавка). Добавление тонкого слоя пигмента на поверхность. Это означает, что код выступает над поверхностью и подвержен истиранию.

В качестве образцов для тестирования ФЭИ подготовил два вида объектов (имитаторов блочков), изготовленных из нержавеющей стали, которые представляют материал и моделируют геометрию оболочек, используемых для очехловки сердечников из ядерных материалов:

- Стержни из нержавеющей стали (10 штук, длиной 70 мм и диаметром 4, 6 и 8 мм);
- Чашки, изготовленные из нержавеющей стали толщиной 0,3 мм (100 штук, диаметром 47 мм и высотой буртика около 3 мм).

В качестве текста для кодирования с помощью матричной символики Data Matrix ECC level 200 использована последовательность из десяти цифр. Было предложено на плоскую поверхность каждого образца нанести три варианта кода Data Matrix ECC level 200 размером соответственно 2мм x 2мм, 8мм x 8 мм и 16 мм x 16 мм. На боковую - цилиндрическую поверхность предлагалось нанести не менее трех одинаковых кодов размером 1мм x 2 мм.

После получения образцов с нанесенной маркировкой, они были подвергнуты проверке на надежность считывания каждой нанесенной метки. Считывание выполнялось считывателем MXi-Reader при выполнении условий, которые определены в документе [9]. Работа поддерживалась программным приложением DMx Verifier+[10]. Надежно считывались практически все метки, нанесенные на плоские поверхности. Метки, нанесенные на цилиндрические поверхности, считывались только при фиксации считывателя и создания специальных условий освещения. Такие условия являются неприемлемыми для работ при инвентаризации, поэтому нанесение меток на цилиндрические поверхности в дальнейшем не рассматривалось.

Для проверки качества считывания после воздействия различных факторов, которые могут сопутствовать процессу эксплуатации объектов (блочков) с нанесенными метками, были отобраны образцы с надежно считывавшимися метками, нанесенными на плоские поверхности.

ВОЗДЕЙСТВУЮЩИЕ ФАКТОРЫ.

В качестве воздействующих факторов при эксплуатации блочков были исследованы четыре разновидности:

- Дезактивирующие растворы двух видов – этиловый спирт и специальный аэрозольный раствор «Радез»;
- Взаимное трение образцов поверхностями, на которые нанесены метки, не менее 100 относительных перемещений;

- 3 цикла нагрева образцов до 80 °С, выдержки при этой температуре 5 часов, охлаждения до комнатной температуры, проверки качества считывания. После этого один цикл выдержки в течение 5 часов при температуре 250 °С и проверка качества считывания.

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ.

Образцы, на которых надежно считывались лазерные метки, нанесенные перечисленными выше методами, были переданы в лабораторию ФЭИ, занимающую исследованиями структуры материалов. Работы выполнены с использованием методов оптической и электронной микроскопии.

Основными дефектами, обнаруженными на поверхности большинства образцов при микроструктурном исследовании, были вмятины размером 0,1-0,5 мм, «бороздки», риски и царапины, не связанные с лазерной маркировкой и присутствовавшие на изделии до нанесения маркировки. Все отмеченные выше дефекты являлись поверхностными и поэтому при эксплуатации они не могли стать причиной ухудшения герметичности.

Для подавляющего большинства образцов после проведения выбранного воздействия не было обнаружено ухудшения надежности считывания нанесенных меток. Для четырех образцов из 86 качество считываемости понизилось. Результаты тестирования изложены в работе [7].

На основании проведенных исследований было принято решение о возможности использования технологии **Laser coloring** (Лазерное окрашивание) [6] для маркировки дисков ЯМ в оболочках из нержавеющей стали толщиной 0,3 мм. Для проведения работ по нанесению лазерной маркировки была разработана и создана автоматизированная система лазерной маркировки на базе системы Zenith – 10F Marking System (фирмы TELESIS TECHNOLOGIES INC [11]), стационарного считывателя HawkEye 1510 [12] и весов Mettler-Toledo PG 503[7] (см. фото 5). Эта система позволила в полуавтоматизированном режиме, с использованием сведений из базы данных по ЯМ, выполнять маркировку, контроль правильности и качества маркировки, а также определение массы брутто маркируемых блочков. С помощью этой технологии было промаркировано несколько десятков тысяч блочков с ураном (см. фото 6).

ВАРИАНТ 3.

На БФС имеются блочки с ЯМ, которые требуют особого внимания к выбору технологии нанесения маркировки. Это диски из плутония, очехлованные в тонкостенную оболочку из нержавеющей стали, и диски из урана, очехлованные в тонкостенную оболочку из алюминия.

В случае с плутонием требуется абсолютная гарантия обеспечения герметичности оболочки из нержавеющей стали при нагреве её лазерным лучом во время нанесения маркировки. Этого гарантировать нельзя, особенно если иметь в виду возможные дополнительные факторы (технологические дефекты оболочки из нержавеющей стали, воздействия на оболочку в процессе очехловки и использования диска в работе, внутреннее давление), которые могут наложиться на основное (тепловое) воздействие лазерного луча.

В случае с ураном, очехлованным в алюминиевую оболочку, невозможность использования применяемой в настоящее время технологии Laser Coloring [6] связана с отсутствием в алюминиевой оболочке углерода, присутствие которого в оболочке из нержавеющей стали позволяет получать изображение чёрного цвета. Использование других практически доступных для маркировки алюминия лазерных технологий требует снятия части толщины алюминия.

Поэтому была предложена и реализована маркировка указанных групп учётных единиц в два этапа. Первый этап - подготовка наклеек с необходимой маркировкой с использованием имеющейся на БФС системы лазерной маркировки на базе Telesis.

Подчеркнём, что на этом этапе отсутствует работа с ЯМ. Второй этап – установка (приклеивание) подготовленных на первом этапе лазерных этикеток на диски с ЯМ. В этом случае для дисков с плутонием выполняется условие отсутствия температурного воздействия на диск с ЯМ, а для дисков в алюминиевой оболочке не требуется наличие углерода.

Характеристики ленты tesa

Вместе с американскими специалистами был выполнен поиск и анализ характеристик предлагаемых известными зарубежными фирмами материалов, используемых для маркировки изделий, работающих в тяжелых эксплуатационных условиях. Наше внимание привлекла продукция фирмы Tesa, которая используется для нанесения маркировки на детали автомобилей и самолётов. Кроме этого, было принято во внимание наличие в Москве представительства фирмы, в котором можно получать консультации, образцы для тестирования и приобретать требуемые материалы.

Анализ вариантов продукции фирмы tesa привел к выбору ленты с фирменным названием tesa 6930[8].

Обратим внимание на основные нормированные механические и физико - химические свойства ленты tesa 6930:

- материал – двухслойная полиуритановая акрилатная плёнка, полимеризация с приданием сетчатой структуры под воздействием лазерных лучей;
- цвет фона и текста: серебристый и белый/текст чёрный;
- удельный вес: 120 г/м²;
- адгезия к стали и алюминию: 12 Н/см;
- устойчивость к истиранию: 200 циклов испытательного прибора (крокметра) – без изменений.

Приведенные выше данные подтверждают приемлемость ленты tesa для маркировки блочков БФС.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ РАСЧЕТНО – ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Использование «носителя» в специфических условиях эксплуатации маркированных дисков при экспериментальных исследованиях на критических сборках БФС требует анализа его влияния на ядерно – физические характеристики моделирующей системы и, наоборот, влияния смешанной нейтронной и гамма - радиации, сопровождающей эксперименты на критических сборках, на характеристики адгезии «носителя» к очехловке диска с ЯМ и контрастность нанесённой маркировки.

Оценка влияния химических элементов, содержащихся в «носителе» на нейтронно – физические характеристики критсборки

Рассчитывая очередную критическую сборку, расчетчики исходят из известного, стандартного, задокументированного состава оболочки (очехловки) блочка, в том числе это касается содержания водорода и других элементов с большим сечением взаимодействия с нейтронами. Роль водорода в моделях быстрых реакторов – особая, ввиду его высокой замедляющей способности. Наклеивая на оболочки дисков пленки с матричными кодами, мы тем самым изменяем состав материала оболочек и, следовательно, состав критсборок.

Имеющиеся технические характеристики ленты tesa позволили нам провести оценку влияния химических элементов, входящих в состав «носителя», на наиболее важные параметры критическихборок с использованием блочков, промаркированных лентой tesa.

Оценки показали, что водород, входящий в состав полимерной пленки, из-за малости его содержания не должен заметно влиять на параметры критическихборок так и, соответственно, на результаты их расчетов и(или) учитываться расчетом с требуемой точностью. При необходимости повышения точности может быть введена поправка

расчетным путем. Влияние изменения геометрии критсборки за счёт наклейки «носителя» на поверхность дисков пренебрежимо мало и может не учитываться.

Оценка влияния радиации на свойства ленты tesa

Сведения о влиянии смешанной нейтронной и гамма- радиации на адгезию к нержавеющей стали и алюминию, а также на контрастность маркировки в виде матричного кода Data Matrix в фирменных материалах не приводятся. Поэтому, нами были выполнены экспериментальные исследования в этом направлении. На пластинки из нержавеющей стали и алюминия, идентичные тем, которые используются для очехловки ЯМ БФС, были наклеены образцы ленты tesa 6930 с нанесёнными идентификаторами. После облучения в нейтронном потоке, близком к спектру деления и флюенсом около 10^{15} нейтронов/см² признаков деградации адгезии и ухудшения контрастности маркировки не обнаружено. Такой флюенс соответствует нескольким годам непрерывного использования маркированных блочков в критических сборках БФС.

Оценка чистого времени подготовки на Системе Лазерной Маркировки порции из 20 этикеток на ленте tesa 6930 составляет около 3 минут. Чистое время установки этикеток, взвешивание и контроль на Контрольной Станции для порции из 10 блочков составляет около 10 минут.

Считывание выполнялось считывателем одномерных и матричных кодов марки Hawkeye 1500 Reader [12]. Было подтверждено уверенное считывание нанесённой маркировки.

По такой технологии была выполнена маркировка нескольких десятков тысяч блочков с ураном и плутонием (см. фото 7,8).

В завершении доклада хотелось бы коснуться вопросов системного подхода при внедрении средств автоматической идентификации объектов УиК ЯМ на предприятии. Это связано с большими материальными, интеллектуальными затратами и организационными мероприятиями. Требуется проработка структуры аппаратной, программной и организационной составляющих системы. Необходимо приобретение и освоение взаимосогласованных аппаратных и программных средств, привлечение (или воспитание) разработчиков и обучение технического персонала и операторов. Обычно в этих системах находится чувствительная информация, для работы с которой требуются специальные, требующие значительных затрат, технические и организационные мероприятия. Поэтому решение о целесообразности внедрения средств автоматической идентификации на предприятии должно предваряться серьёзным анализом.

Авторы выражают благодарность представителям национальных лабораторий США и подразделений ГНЦ РФ-ФЭИ, участвовавшим на разных этапах работ по проведению испытаний и внедрению методов маркировки для автоматической идентификации, а особенно G. Price Russ III (LLNL) и Тамбовцеву С.Д. (ГНЦ РФ-ФЭИ).

Список литературы

1. «Основные правила учёта и контроля ядерных материалов» НП-030-12.
2. Федеральный закон об использовании атомной энергии № 170-ФЗ от 21 ноября 1995 года.
3. www.ean.ru.
4. Stripe User's Guide for Model's S-300 and S-500. Zebra Technologies Corporation.
5. AIM International Technical Specification, International Symbolology Specification – Data Matrix (1996).
6. www.industrial-laser.com.
7. Регушевский В.И., Ефименко В.Ф.(ГНЦ РФ-ФЭИ), Price Russ(ЛЛНЛ, США). Оценка преимуществ маркировки объектов учёта и контроля ядерных материалов с использованием лазерных технологий и матричного кода “DATA MATRIX”.

Третья российская международная конференция по учету, контролю и физической защите ядерных материалов, 16 – 20 мая 2005 года, г. Обнинск.

8. Certificate of conformity. tesa 6930. tesa AG.
9. MXi Reader User Manual. Rev A, August 1999. RVSI Acuity CiMatrix.
10. DMx Verifier+ User Manual. V1.0A, August 1999. RVSI Acuity CiMatrix.
11. Telesis Technology. PROSCRIPT Zenith 10F Laser Marking System.
12. Hawkeye 1500 Series Quick Start Guide. 2003.

Подписи под фотографиями.

Фото 1. Маркированные контейнер и диски с ЯМ.

Фото 2. Свежие ТВС в главном зале первой АЭС.

Фото 3. Разрешенные местоположения для подвески свежих ТВС.

Фото 4. Контейнеры с ЯМ в виде стержней.

Фото 5. Аппаратура Системы лазерной маркировки.

Фото 6. Блочки с ЯМ с нанесенной лазерной маркировкой.

Фото 7. Порция подготовленных идентификаторов из ленты Теса.

Фото 8. Макет с нанесенными идентификаторами из ленты Теса 6930 и 6931.



Фото 1



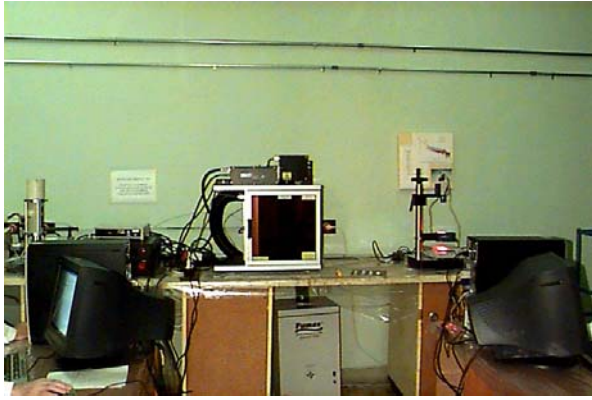
Фото 2



Фото 3



Фото 4



Φοτο 5



Φοτο 6



Φοτο 7



Φοτο 8

On the Implementation of Criteria for the Anomalies Detection in Process of Physical Inventory Taking at MBA where NM is Transformed

V.K. Goryunov – *FSUE SSC RF - IPPE, Obninsk*

In the NP-030-12 Rules the MC&A anomaly criterion for production sites with NM products conversion includes, among others, verification of the fact that the inventory difference (ID) threshold equal to 2% of the converted NM amount is exceeded.

Consideration should be given to the issues pertaining to the necessity to introduce categories of converted and unconverted nuclear materials and to calculate the converted amounts. Consideration should be given to the questions of how to make these calculations: in terms of the debit or credit values, and where to assign the ID values obtained in the course of inventory taking procedures.

О ПРИМЕНЕНИИ КРИТЕРИЕВ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ ПРИ ФИЗИЧЕСКИХ ИНВЕНТАРИЗАЦИЯХ В ЗБМ С ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ ЯМ

В.К. Горюнов

ГНЦ РФ-ФЭИ, Обнинск, Россия

АННОТАЦИЯ

В Правилах НП-030-12 [1] критерий аномалий в УиК ЯМ для ЗБМ, где производится преобразование продуктов с ЯМ, включает, в числе прочих, проверку на превышение инвентаризационной разницей (ИР) порога в 2% от преобразованного количества ЯМ.

В докладе обсуждаются вопросы необходимости введения категорий преобразованных и непреобразованных ЯМ, вычисления преобразованного количества: по значению дебита или кредита, и куда отнести полученное в инвентаризации значение ИР.

ВВЕДЕНИЕ

На некотором этапе составления «Методических рекомендаций по применению ОПУК» [2] (примерно на 10-ом году, а 1-ый вариант был готов в 2002 году) значительная часть членов рабочей группы предложила отказаться от введения категорий преобразованных и непреобразованных¹ ЯМ при проведении и анализе результатов инвентаризации. В конце концов категории оставили, но в окончательном варианте рекомендаций 2013 года под преобразованными постановили понимать только те ЯМ, которые за межбалансовый период (МБП) были подвергнуты учетным измерениям.

В докладе предложена другая точка зрения по вопросам разделения категорий преобразованных и непреобразованных ЯМ, и вычисления преобразованного количества: по значению дебита или кредита, и куда отнести полученное в инвентаризации значение ИР.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Представим две ЗБМ с одинаковой - в одну тонну - производительностью переработки металлического тория за МБП. В одной преобразовано 990 кг тория в новые продукты, а 10 кг тория не были преобразованы и были представлены учетными единицами с прежними учетными данными. В другой ЗБМ, напротив, было преобразовано только 10 кг тория в новые продукты, а 990 кг тория не были преобразованы и были представлены учетными единицами с прежними учетными данными.

Понятно, что при подведении баланса ЯМ мы должны принять предел допустимых значений ИР выше для первой ЗБМ, чем для второй, в противном случае мы рискуем либо пропустить потерю ЯМ, либо иметь череду ложных аномалий.

В действующих Правилах² НП-030-12 критерий аномалий в УиК ЯМ для тех производств, где производится преобразование продуктов с ЯМ, включает, в числе прочих, проверку на превышение инвентаризационной разницей (ИР) порога в 2 или 3 процента от преобразованного количества ЯМ:

НП-030-12, п.69: Если в течение МБП, предшествующего данной физической инвентаризации, выполнялись учетные измерения ЯМ или таковые производились в

¹ В тогдашней терминологии «активные» и «пассивные» ЯМ

² Как впрочем, и в предыдущих двух вариантах Правил 2001 и 2005 года, но с тем отличием, что раньше превышение рассматривалось с учетом погрешности измерений масс ЯМ и, соответственно, определения ИР на уровне значимости 0,05, а теперь - без учета.

процессе физической инвентаризации, то критерием обнаружения аномалий в учете и контроле этого ЯМ является превышение модулем ИР наименьшего из значений нижеперечисленных величин:

- утроенной среднеквадратической погрешности определения ИР;
- 2% от количества данного ЯМ, которое было преобразовано и подверглось учетным измерениям в данный МБП или в процессе физической инвентаризации - для промышленных ядерных установок;
- 3% от такой же величины - для исследовательских ядерных установок и заводских лабораторий;
-

Заметим, что п.69 не касается непреобразованных ЯМ – учетных единиц с прежними учетными данными (для них не требовались новые учетные измерения); к непреобразованным относятся требования п.70.

Возникает необходимость выделения категорий преобразованных и непреобразованных ЯМ.

КАТЕГОРИИ ПРЕОБРАЗОВАННЫХ И НЕПРЕОБРАЗОВАННЫХ ЯМ

В данный МБП истраченное суммарное количество ЯМ должно быть равно (при отсутствии потерь/излишков, погрешностей измерений) произведенному в результате преобразований суммарному количеству ЯМ. А что можно истратить? Только то количество ЯМ, которое осталось в ЗБМ с предыдущей инвентаризации (НК), и то, которое было получено (или иным образом привело к увеличению количества) за МБП (УВ). А сколько было произведено? То количество ЯМ, которое осталось в ЗБМ к моменту текущей инвентаризации (ФК), и то, которое было отправлено (или иным образом привело к уменьшению количества) за МБП (УМ).

Прежде, чем записать равенство дебета (УМ + ФК) и кредита (НК + УВ) для преобразованных ЯМ, зададимся вопросом о терминологии. Допустим, в пустую ЗБМ поступило 10 баллонов гексафторида урана. За МБП успели истратить 8 баллонов на производство порошка диоксида, помещенного в 80 упаковок и отправленного из ЗБМ потребителю, а в ЗБМ на момент инвентаризации подтверждены учетные данные оставшихся неистраченными ЯМ в 9-том и 10-м баллонах.

В каких продуктах ЯМ относятся к непреобразованным? Очевидно, в 9-том и 10-м баллонах. А в каких продуктах ЯМ следует отнести к преобразованным? Во-первых, это 80 упаковок произведенного порошка; во-вторых, если мы не вводим других категорий, кроме категорий преобразованных и непреобразованных ЯМ (например, сырьевой ЯМ), это - 8 истраченных баллонов гексафторида (**иначе не записать баланса**). Только теперь мы можем записать баланс для преобразованных ЯМ (с индексом «пр») как равенство кредита дебиту:

$$\text{НК пр} + \text{УВ пр} = \text{УМ пр} + \text{ФК пр} \quad (1)$$

и по аналогии - баланс для непреобразованных ЯМ (с индексом «нпр»)

$$\text{НК нпр} + \text{УВ нпр} = \text{УМ нпр} + \text{ФК нпр} \quad (2)$$

Кроме событий превращения одних продуктов в другие, в МБП могут случиться новые учетные измерения ЯМ в продуктах, которые уже были паспортизованы ранее (например, для расследования нарушения, которое заставляет сомневаться в прежних данных, и т.п.). Хотя события преобразования ЯМ как бы не было, нельзя отнести данный ЯМ в категорию непреобразованных (учетные данные были одни, а на момент инвентаризации - другие), а до того, как ответить куда их следует отнести, вернемся к уравнению (2) для непреобразованных ЯМ, но запишем его в традиционной форме уравнения баланса

$$\text{НК нпр} + \text{УВ нпр} - \text{УМ нпр} = \text{ФК нпр} \quad (3)$$

когда левая часть описывает ожидаемое количество ЯМ на момент инвентаризации (на конец МБП), а правая – фактическое.

БАЛАНС ДЛЯ НЕПРЕОБРАЗОВАННЫХ ЯМ

Баланс для непреобразованных ЯМ должен сходиться в точности (при отсутствии недостатков, либо излишков учетных единиц), что в принципе не так уж очевидно, если ввести в рассмотрение погрешности учетных измерений, которые перейдут в учетные данные, и тогда на все компоненты баланса наложатся погрешности измерений тех масс ЯМ, из которых они составлены.

Доказательство точной сходимости можно пояснить «парадоксом кладовщика». Для подтверждения сохранности ЯМ кладовщику не требуется знание масс (и погрешностей измерений масс) ЯМ, которые ему доверены. Он выпишет на бумагу номера упаковок, которые остались на складе в предыдущей инвентаризации, будет дописывать номера полученных и вычеркивать номера отправленных упаковок, а в конце МБП сравнит оставшиеся в списке невычеркнутыми с номерами упаковок, оставшимися на складе по факту, и, не найдя недостающих и лишних, сделает правильный вывод о сохранности ЯМ.

Почему такое – слежение за сохранностью ЯМ по номерам упаковок - возможно? Потому, что ЯМ были под контролем как учетные единицы (оболочки, СКД, подтверждающие измерения, заданные вероятности обнаружения недостатков и проч.) и при этом они не были преобразованы, то есть остались к моменту инвентаризации при старых учетных данных - **для них не делалось новых учетных измерений**. Последний факт и определяет парадокс невлияния погрешности паспортных данных на вывод о сохранности ЯМ: не точные, но одинаковые паспортные данные входят в компоненты баланса, которые представлены в уравнении баланса обязательно с противоположными знаками НК нпр и УМ нпр или ФК нпр; УВ нпр и УМ нпр или ФК нпр и т.д., а потому могут быть сокращены – взаимно уничтожаются.

Для таких непреобразованных ЯМ, образующих ФК нпр, критерий аномалий при ФИ изложен в п.70 Правил:

*Если в течение МБП и в процессе проведения физической инвентаризации **учетные измерения данного ЯМ не выполнялись**, а достоверность результатов предыдущих учетных измерений была обеспечена применением СКД, в том числе используемых в целях физической защиты помещений, в которых осуществляется обращение с ЯМ, то выводы об отсутствии аномалий в учете и контроле ЯМ должны быть сделаны на основе результатов выборочных подтверждающих измерений, а также проверки СКД. Объем случайной выборки УЕ, которые будут подвергнуты подтверждающим измерениям, определяется с помощью статистических методов, исходя из значений двух параметров: порогового количества ЯМ для обнаружения их недостатка (излишка) и вероятности обнаружения недостатка (излишка) этого порогового количества....*

ПРЕОБРАЗОВАННЫЕ ЯМ

Вернемся к вопросу о том, в какую категорию отнести ЯМ, может быть и непреобразованный в данный МБП, но для которого получены новые учетные данные взамен прежних.

Надо заметить, что в правой (дебитовой) части уравнения (1) все массы ЯМ, образующие УМ пр и ФК пр, **должны были быть** подвергнуты учетным измерениям именно в данный МБП (они только появились в этот МБП и для них не было учетных данных, а без учетных данных невозможно подвести баланс и контролировать сохранность ЯМ).

В левой (кредитовой) части уравнения (1) массы ЯМ, образующие НК пр и УВ пр, скорее всего к моменту их появления в ЗБМ уже «имеют» учетные данные и поэтому не требуют учетных измерений (в противном случае они должны быть подвергнуты учетным измерениям).

Общее, что объединяет левую и правую части уравнения (1) – учетные данные масс ЯМ изменились: слева перестали соответствовать описываемым объектам (объектов тех нет), а справа – за МБП новые учетные данные появились для новых объектов. Когда в МБП учетные данные меняются, проверить сохранность, можно только проверяя баланс ЯМ. Отсюда следует ответ на заданный в начале раздела вопрос: ЯМ, для которого получены новые учетные данные взамен прежних, следует отнести в категорию преобразованных.

Заметим, в отличие от непреобразованных ЯМ, баланс для преобразованных принципиально **не будет сходиться в точности**, вследствие разных результатов сложения погрешностей измерений масс ЯМ, входящих в левую и правую части уравнения баланса в традиционном виде:

$$\text{НК пр} + \text{УВ пр} - \text{УМ пр} = \text{ФК пр} \quad (4)$$

так как продукты слева и справа разные.

Отсюда признаки аномалии [3] для преобразованных ЯМ:

- первый – статистическая значимость $\text{ИР} = \text{ФК пр} - (\text{НК пр} + \text{УВ пр} - \text{УМ пр})$ на уровне значимости 0,0026;
- второй – превышение модуля ИР над 2% $(\text{УМ пр} + \text{ФК пр})^3$
или, что то же самое, над 2% $(\text{НК пр} + \text{УВ пр} + \text{ИР})^4$
- третий – превышение модуля ИР над неким пороговым количеством в единицах массы, если пороговое количество для данного ЯМ установлены в Правилах, п.69. Но эти количества введены не для всех ЯМ, например, для СНЯМ – нет.

ЛИТЕРАТУРА

1. НП-030-12 Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Основные правила учета и контроля ядерных материалов. 2012 г.
2. Методические рекомендации по применению «Основных правил учета и контроля ядерных материалов». Проект, октябрь 2013.
3. Методические указания по обнаружению, расследованию и регистрации аномалий и нарушений в УиК ЯМ в организациях Госкорпорации «Росатом» (утверждены заместителем руководителя Росатома 06.11.2012)

³ В п.69 Правил фраза: «было преобразовано и подверглось учетным измерениям в данный МБП или в процессе физической инвентаризации»

⁴ Для исследовательских установок и аналитических лабораторий не 2%, а 3%.