

Промышленная безопасность и экология



**МАТЕРИАЛЫ
XXI СЕССИИ
ШКОЛЫ - СЕМИНАРА**

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

**РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР –
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ**

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЯ

*Сборник материалов XXI сессии
отраслевой молодежной школы-семинара
(г. Саров, 15–17 ноября 2022 года)*

Саров
2023

УДК 621.039

ББК 31.4

П81

DOI: 10.53403/9785951505521

П81 **Промышленная безопасность и экология.** Сборник материалов XXI сессии отраслевой молодежной школы-семинара. – Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2022. – 134 с.

ISBN 978-5-9515-0552-1

В период с 15 по 17 ноября 2022 г. в г. Сарове на базе ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» состоялась XXI сессия отраслевой молодежной школы-семинара «Промышленная безопасность и экология» по теме «Актуальные вопросы реализации современных требований обеспечения промышленной, экологической и пожарной безопасности на предприятиях ЯОК».

Основной целью школы-семинара является популяризация среди молодых работников ЯОК важнейших научно-технических достижений в обеспечении промышленной и экологической безопасности, повышение их уровня профессионализма и культуры безопасности деятельности по созданию ядерного оружия и в других аспектах использования атомной энергии.

Сборник содержит материалы, представленные на XXI сессии школы-семинара, изложенные в редакции авторов докладов (сообщений).

УДК 621.039

ББК 31.4

Редакционная коллегия:

А. В. Воеводин, А. Н. Гетманец, В. А. Загороднев,

Б. А. Шаплин, Л. А. Шустина, М. В. Кутумова

Фото:

А. Е. Малеев

ISBN 978-5-9515-0552-1

© ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Обращение к читателю	5
Программа XXI сессии отраслевой молодежной школы-семинара «Промышленная безопасность и экология»	6
Резолюция XXI сессии отраслевой молодежной школы-семинара «Промышленная безопасность и экология»	11
 <i>Доклады и сообщения</i>	
<i>Гетманец А. Н.</i>	
Развитие научно-производственной базы ЯОК в контексте обеспечения безопасности....	14
<i>Воеводин А. В.</i>	
Культура безопасности в РФЯЦ-ВНИИЭФ на первоначальном этапе развития	16
<i>Исаков С. В.</i>	
Лидерство для обеспечения безопасности: роли, ответственность, компетенции, модели поведения лидеров	26
<i>Михайлов А. Л.</i>	
История организации и обеспечение безопасности специальных взрывных работ	35
<i>Павленко М. С.</i>	
Актуальные вопросы по пожарной безопасности	38
<i>Дементьева А. Е., Мокров К. Ю.</i>	
Контроль выбросов в атмосферный воздух радиоактивных веществ из организованных источников ФГУП «ПО «Маяк»	42
<i>Балакина В. А.</i>	
Лицензирование деятельности по обращению с отходами производства и потребления на ФГУП «ПО «Маяк»	50
<i>Тивикова О. А., Юхимчук А. А., Максимкин И. П., Балугев В. В., Буряк Е. В., Мусяев Р. К., Кирдяшкин А. А., Рыжухина А. В., Першина В. М.</i>	
Установка очистки газовой среды от трития	54
<i>Шуркаев А. В., Пикулев А. А., Кубасов А. А., Юнин Д. А., Авдеев А. Д., Дягель А. Р., Табаков С. О.</i>	
Проведение анализа последствий аварий, связанных с разгерметизацией системы каталитической рекомбинации и газового контура при работе перспективного исследовательского ядерного реактора ВИР-3	64

Рогов С. В.

Обеспечение промышленной безопасности ОПО РФЯЦ-ВНИИЭФ, на которых используется ОРПД 74

Кузнецова Ю. Е.

Обеспечение выполнения требований НД по проверке знаний специалистов, связанных с эксплуатацией ПС 77

Кандишкин В. К.

Организация и проведение внутреннего контроля пожарной безопасности в структурных подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ 80

Свинкина М. С., Гуляев В. С.

Стратегия развития и совершенствования культуры безопасности 87

Бакайкин Д. В., Андраманов А. В., Гаганов В. Е., Попов С. Ф., Соломатин И. И.

Доставка и наведение лазерного излучения на мишень в первых опытах на камере многоцелевого исследовательского комплекса установки нового поколения 90

Хохлов Н. С., Грехова К. В.

Вовлечение персонала в решение проблем повышения уровня обеспечения безопасности и создание здоровых и безопасных условий труда 98

Рогачева Ю. А., Куликов М. И.

Готовность к ликвидации аварийных ситуаций 105

Рычагов К. К., Дубровин Р. Ю., Булычев Р. В., Аннин Д. Г., Афонин А. П.

Возможный подход к оценке негативных последствий (ущерба) от реализации угроз безопасности информации в отношении показателей эффективности автоматизированных систем в защищенном исполнении 109

Сычев А. А., Власов Ю. В.

Исследование передачи детонации от системы инициирования к дисковым зарядам модифицированной конструкции 118

Бахаев А. Н., Лысова Е. Н., Сидоров М. Л.

Модуль автоматической калибровки геофильтрационных и геомиграционных моделей в цифровом продукте ЛОГОС ГИДРОГЕОЛОГИЯ 124

УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Представляем Вашему вниманию сборник материалов XXI сессии отраслевой молодежной школы-семинара «Промышленная безопасность и экология», проведенной на базе ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» в г. Сарове 15–17 ноября 2022 года.

Тематика прошедшей сессии – «Актуальные вопросы реализации современных требований обеспечения промышленной, экологической и пожарной безопасности на предприятиях ЯОК».

Такое сочетание материалов позволяет наилучшим образом осуществить миссию издания, соответствующую целям и задачам отраслевой молодежной школы-семинара «Промышленная безопасность и экология». Надеюсь, что представленные в сборнике статьи, подготовленные как ведущими, так и молодыми специалистами, будут полезными для читателя. В докладах и сообщениях участники сессии показали, что вопросам безопасности в ЯОК всегда уделялось очень серьезное внимание. Поэтому безопасность – одна из важнейших ценностей Госкорпорации «Росатом», а культура безопасности – это норма повседневной деятельности.

Что видится чрезвычайно важным? Безусловно, применить на практике те новые знания, которые получили участники отраслевой молодежной школы-семинара в ходе проведения очередной сессии, чтобы обеспечить на неснижаемом уровне безопасность на предприятиях ядерного оружейного комплекса и всей Госкорпорации «Росатом».

От имени оргкомитета отраслевой молодежной школы-семинара «Промышленная безопасность и экология» желаю всем читателям и коллективам предприятий Госкорпорации «Росатом» крепкого здоровья и достижения успехов в нашей важной, непростой и ответственной деятельности.

*Председатель оргкомитета XXI сессии,
заместитель главного инженера РФЯЦ-ВНИИЭФ –
начальник службы технической безопасности
А. В. Воеводин*

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ



**XXI сессия отраслевой молодежной школы-семинара
«ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЯ»**

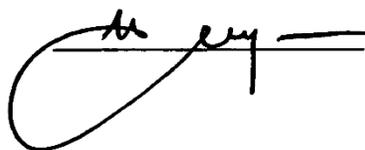
по теме:

**«Актуальные вопросы реализации современных требований
обеспечения промышленной, экологической и пожарной
безопасности на предприятиях ЯОК»**

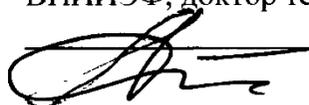
Программа

ОСНОВАНИЕ: Положение об
отраслевой молодежной школе-
семинаре «Промышленная
безопасность и экология»,
приказ директора РФЯЦ-ВНИИЭФ
от 18.10.2022 № 195/8551-П

Руководитель XXI сессии,
главный инженер РФЯЦ-ВНИИЭФ

 И.З. Мусин

Научный руководитель XXI сессии,
главный специалист РФЯЦ-
ВНИИЭФ, доктор технических наук

 А.Н. Гетманец

Саров
2022

Основной целью школы-семинара является популяризация среди молодых работников ЯОК важнейших научно-технических достижений в обеспечении промышленной и экологической безопасности, повышение их уровня профессионализма и культуры безопасности деятельности по созданию ядерного оружия и в других аспектах использования атомной энергии.

Задачами школы-семинара являются:

➤ предоставление молодежи возможности непосредственного общения и дискуссий с ведущими учеными и специалистами организаций и предприятий Госкорпорации «Росатом»;

➤ адаптация молодых сотрудников к решению вопросов обеспечения безопасного функционирования предприятий Госкорпорации «Росатом»;

➤ развитие коммуникативных способностей;

➤ мотивация молодых работников к повышению трудовой и творческой активности в выполнении научно-технических и производственных задач;

➤ внедрение современных методов трансляции профессиональной компетентности, в том числе обмена опытом, знаниями в обеспечении безопасности;

➤ развитие системы наставничества, активное вовлечение опытных работников в процессы адаптации и обучения молодых работников ЯОК;

➤ укрепление профессиональных и деловых связей между молодыми работниками корпорации;

➤ формирование образа предприятий ЯОК как привлекательного и предпочтительного работодателя для потенциальных молодых работников;

➤ пропаганда корпоративной культуры безопасности.

Краткие сведения о прошедших сессиях школы-семинара:

- 1 сессия – 23–29 сентября 2001 г. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров
- 2 сессия – 16–19 декабря 2002 г. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров
- 3 сессия – 17–21 ноября 2003 г. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров
- 4 сессия – 20–24 сентября 2004 г. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров
- 5 сессия – ноябрь 2005 г. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ», г. Саров
- 6 сессия – 14–17 ноября 2006 г. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров
- 7 сессия – 30 октября–01 ноября 2007 г. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров (в рамках VI конференции «Молодежь в науке»)
- 8 сессия – 28–30 октября 2008 г. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров (в рамках VII конференции «Молодежь в науке»)
- 9 сессия – 10–12 ноября 2009 г. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров (в рамках VIII конференции «Молодежь в науке»)
- 10 сессия – 26–28 октября 2010 г. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» г. Саров (в рамках IX научно-технической конференции «Молодежь в науке»)
- 11 сессия – 18–20 октября 2011 г. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» г. Саров
- 12 сессия – 16–18 октября 2012 г. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» г. Саров
- 13 сессия – 01–03 октября 2013 г. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» г. Саров
- 14 сессия – 07–09 октября 2014 г. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» г. Саров
- 15 сессия – 06–08 октября 2015 г. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» г. Саров
- 16 сессия – 27–29 сентября 2016 г. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» г. Саров
- 17 сессия – 03–05 октября 2017 г. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» г. Саров
- 18 сессия – 02–04 октября 2018 г. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» г. Саров
- 19 сессия – 01–03 октября 2019 г. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» г. Саров
- 20 сессия – 18 ноября 2021 г. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» г. Саров (в очном и дистанционном формате)

Руководитель сессии Главный инженер РФЯЦ-ВНИИЭФ	Мусин Игорь Зейнурович
Научный руководитель сессии Главный специалист, доктор технических наук	Гетманец Александр Никитович
Председатель оргкомитета Заместитель главного инженера РФЯЦ-ВНИИЭФ – начальник службы технической безопасности	Воеводин Андрей Валерьевич
Заместитель председателя оргкомитета Главный специалист по технической безопасности, кандидат технических наук	Загороднев Владимир Алексеевич
Члены оргкомитета	
Заместитель начальника службы технической безопасности – начальник отдела охраны труда РФЯЦ-ВНИИЭФ	Шаплин Борис Александрович
Заместитель начальника службы технической безопасности – начальник отдела охраны труда РФЯЦ-ВНИИЭФ	Кизима Галина Павловна
Ведущий специалист по охране труда отдела охраны труда РФЯЦ-ВНИИЭФ	Шустина Лариса Александровна
Инженер-исследователь I категории отдела 7714	Казаков Дмитрий Александрович
Специалист по охране труда I категории отдела охраны труда РФЯЦ-ВНИИЭФ	Кутумова Мария Валентиновна

Место проведения XXI сессии школы-семинара «Промышленная безопасность и экология» – Дом ученых (Октябрьский пр., 34), большой зал.

ПОРЯДОК РАБОТЫ*

15 ноября, вторник

1-я часть

- 09:00 – 10:00 – регистрация участников. Минутка безопасности
10:00 – 10:20 – открытие XXI сессии
10:20 – 11:20 – пленарное заседание. Доклады
11:20 – 11:40 – фотографирование, кофе-брейк
11:40 – 13:00 – продолжение пленарного заседания. Доклады
13:00 – 14:00 – перерыв на обед

2-я часть

- 14:00 – 15:15 – доклады
15:15 – 15:30 – кофе-брейк
15:30 – 17:00 – доклады. Дискуссия

16 ноября, среда

1-я часть

- 08:00 – 08:30 – регистрация участников. Минутка безопасности
08:30 – 10:45 – доклады
10:45 – 11:00 – кофе-брейк
11:00 – 13:00 – круглый стол (по отдельной программе)
13:00 – 14:00 – перерыв на обед

2-я часть

- 14:00 – 14:45 – доклады
14:45 – 15:00 – кофе-брейк
15:00 – 17:00 – тренинг
17:30 – официальный прием

17 ноября, четверг

1-я часть

- 08:00 – 08:30 – регистрация участников. Минутка безопасности
08:30 – 11:30 – посещение демонстрационных объектов РФЯЦ-ВНИИЭФ
11:30 – 11:45 – кофе-брейк
11:45 – 12:30 – подведение итогов работы XXI сессии школы-семинара.
Вручение документов об участии
12:30 – 13:30 – перерыв на обед
13:30 – 17:00 – экскурсия
18:00 – отъезд иногородних участников

*Примечание: расписание может изменяться и дополняться в ходе работы.

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
«РОСАТОМ»
РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР –
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ**

Резолюция

XXI сессии отраслевой молодежной школы-семинара

«Промышленная безопасность и экология»

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 15-17 ноября 2022 г.

Во исполнение плана проведения научных и научно-технических мероприятий Госкорпорации «Росатом» на 2022 год (пункт 86) , утвержденного приказом Госкорпорации «Росатом» от 30.12.2021 № 1/1814-П, в ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» (г. Саров) период с 15.11.2022 по 17.11.2022 проведена XXI сессия отраслевой молодежной школы-семинара «Промышленная безопасность и экология» по теме: «Актуальные вопросы реализации современных требований обеспечения промышленной, экологической и пожарной безопасности на предприятиях ЯОК» (далее – XXI сессия школы-семинара).

Организатор школы-семинара – ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ».

Основной целью школы-семинара является популяризация среди молодых работников ЯОК важнейших научно-технических достижений в обеспечении промышленной и экологической безопасности, повышение их уровня профессионализма и культуры безопасности деятельности по созданию ядерного оружия и в других аспектах использования атомной энергии.

В XXI сессии школы-семинара приняли участие 83 человека от организаций и предприятий: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина», ФГУП «ПО «Маяк», филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИС им. Ю.Е. Седакова», АО «Обеспечение РФЯЦ-ВНИИЭФ», ЧУ «СКЦ Росатома», УГН ЯРБ Минобороны России, ФГКУ

«Специальное управление ФПС № 4 МЧС России», Государственной инспекции труда в Нижегородской области, ППО РПРАЭП в РФЯЦ-ВНИИЭФ.

На сессии представлены 35 доклада. Проведен круглый стол по теме «Культура безопасности. Развитие лидерства и мотивации персонала». Проведен тренинг «Лидерство для обеспечения безопасности: роли, ответственность, компетенции, модели поведения лидеров», ведущий тренинга – Исаков С.В., эксперт ЧУ «СКЦ Росатома», кандидат физико-математических наук, доцент.

Участникам XXI сессии школы-семинара представлена возможность:

- непосредственного общения и дискуссий с ведущими учеными и специалистами организаций и предприятий Госкорпорации «Росатом», что важно для укрепления творческих контактов;

- укрепления профессиональных и деловых связей между молодыми работниками Корпорации;

- посещения объектов ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» с целью ознакомления с организацией обеспечения безопасности и охраны труда;

- предоставления докладов с целью приобретения опыта участия в научно-технических мероприятиях и развития коммуникативных способностей;

- публикации докладов в сборнике материалов.

По окончании работы XXI сессии школы-семинара участникам выданы: сертификат установленного образца, сборник материалов предыдущей XX сессии школы-семинара.

Участники XXI сессии школы-семинара предлагают:

- 1) отметить, что программа XXI сессии отраслевой молодежной школы-семинара «Промышленная безопасность и экология» выполнена;

- 2) поручить ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» издать в III квартале 2023 года сборник материалов XXI сессии школы-семинара и разослать его в

организации, принимавшие участие, в том числе авторские экземпляры докладчикам;

3) провести октябре 2023 года на базе ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» очередную XXII сессию школы-семинара по теме «Актуальные вопросы обеспечения специальной безопасности на предприятиях ядерного оружейного комплекса: критерии и показатели, экспериментальные и расчетные методы оценки, виды отчетности на государственном, отраслевом и локальном уровне».

По поручению участников XXI сессии школы-семинара резолюцию подписали:

Руководитель XXI сессии,

Главный инженер РФЯЦ-ВНИИЭФ

 И.З. Мусин

Научный руководитель XXI сессии,

Главный специалист, доктор технич. наук

 А.Н. Гетманец

Председатель оргкомитета XXI сессии,

заместитель главного инженера РФЯЦ-ВНИИЭФ – начальник службы технической безопасности

 А.В. Воеводин

РАЗВИТИЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БАЗЫ ЯОК В КОНТЕКСТЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ (ТЕЗИСЫ)

А. Н. Гетманец, доктор технических наук

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров

В течение последних 15–20 лет произошли значительные изменения в производственно-технологической, вычислительной, экспериментальной и испытательной базе Ядерного Оружейного Комплекса (ЯОК). Вложены значительные средства. Научно-производственная база ЯОК, созданные установки, комплексы обладают широчайшими возможностями для проведения исследований практически по всем перспективным направлениям современной физики.

Вместе с развитием базы появляются и принципиально новые проблемы обеспечения промышленной, экологической, радиационной безопасности. Тем более, что и в этой области требования существенно возрастают. Проекты развития базы подвергаются жесткой экспертизе безопасности создаваемого объекта на протяжении всего его жизненного цикла, включая строительство, эксплуатацию и утилизацию.

В качестве примера приведем отдельные направления развития научно-производственной базы РФЯЦ-ВНИИЭФ.

Газодинамические исследования процессов, свойств веществ

С 2012 г. созданы уникальные протонографические и рентгенографические ком-

плексы, а также комплексы лазерной диагностики, исследований и разработки взрывчатых веществ мирового уровня, на порядки превышающие параметры ранее существовавших методик. При этом решены серьезные задачи обеспечения взрыво- и радиационной безопасности.

Исследования в области физики высоких плотностей энергии

Продолжается разработка лазерной установки мегаджоульного уровня энергии для проведения исследований процессов термоядерного синтеза.

Созданы не имеющие аналогов мощные взрывные электрофизические комплексы, проведены исследования и получены уникальные данные о поведении веществ в условиях воздействия сверхсильных магнитных полей и давлений. В ходе этих исследований особое внимание уделялось проблемам электромагнитной, взрыво- и радиационной безопасности.

Ядерно-физические, радиационные исследования и испытания

Разработан и введен в эксплуатацию ряд новых экспериментальных комплексов, включая ускорители, реакторы, генераторы

рентгеновского излучения. Проектируются новые установки для моделирования факторов космического пространства, разделения изотопов (в целях получения новых 120 и 121 элементов Таблицы Менделеева), исследований электрон-позитронных взаимодействий (физика элементарных частиц).

При экспертизе ТЗ на эти проекты скрупулёзно исследовался весь жизненный цикл комплекса, установки; рассматривались и численно моделировались внештатные, аварийные ситуации, в том числе террористические действия. По результатам принимались технические решения, обеспечивающие безопасность во всех возможных, в том числе крайне маловероятных условиях.

Аналогичные проблемы возникают и решаются при проектировании и создании комплексов лабораторно-конструкторской обработки изделий и их составных частей, производственной технологической базы, утилизации сложных образцов вооружений.

Решение таких задач требует высочайшей квалификации специалистов.

Выводы

Современный ЯОК представляет собой мощный высокотехнологичный, научно-производственный, экспериментальный и испытательный комплекс, обеспечивающий исследования практически по всем направлениям современной физики (от элементарных частиц до наземных и летных испытаний ракетных комплексов).

Обеспечение его безопасного функционирования, выполнение возросших требований экологической, промышленной, радиационной безопасности – важная и сложная научно-техническая задача, для решения которой необходимы специалисты высочайшей квалификации.

Подготовка таких специалистов является одной из задач школы-семинара.

КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ В РФЯЦ-ВНИИЭФ НА ПЕРВОНАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ

А. В. Воеводин

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров

В 2020 году «Заявлением о политике в области культуры безопасности Госкорпорации «Росатом» и ее организаций» [2] руководство Госкорпорации «Росатом» приняло на себя обязательство развивать и совершенствовать культуру безопасности, как составную часть корпоративных ценностей и неотъемлемый элемент системы управления безопасностью [1]. В этой области Госкорпорация «Росатом» в «Единой отраслевой политике культуры безопасности Госкорпорации «Росатом» и ее организаций» [3] поставила цели сформировать и развить такие особенности деятельности организаций и поведения каждого работника, которые направлены на обеспечение приемлемого уровня безопасности, защиту людей и окружающей среды от вредного воздействия производственных факторов, обеспечение приверженности работников Госкорпорации «Росатом» и ее организаций основополагающей цели безопасности и применению принципов безопасности.

В РФЯЦ-ВНИИЭФ мероприятия по развитию и совершенствованию культуры безопасности (далее – КБ) в 2022 году проводились во исполнение:

- Положения об уполномоченных по культуре безопасности в ядерном оружейном комплексе [5];
- Положения по развитию культуры безопасности в ядерном оружейном комплексе [6];
- Комплексной программы мероприятий по профилактике производственного травматизма в отрасли [7];

– Дорожной карты реализации мероприятий по совершенствованию безопасности в Госкорпорации «Росатом» [8];

– Плана мероприятий по развитию культуры безопасности в ЯОК на второе полугодие 2022 года [9];

– Плана развития и совершенствования культуры безопасности в РФЯЦ-ВНИИЭФ на 2022 год [10];

Программы достижения целей и задач в области охраны здоровья и безопасности труда на 2022 год [11].

Реализуя обязательные требования и выполняя мероприятия отраслевых и локальных программ и планов в области развития и совершенствования культуры безопасности и формирования культуры безопасного поведения, велась целенаправленная работа по следующим направлениям: мероприятия по организационному, нормативному и методическому обеспечению культуры безопасности; формированию лидерской позиции руководителей и активистов; мотивации и вовлеченности работников. Мероприятия всех программ и планов реализованы в полном объеме.

Для обеспечения функционирования, развития и совершенствования культуры безопасности в РФЯЦ-ВНИИЭФ:

– под председательством директора РФЯЦ-ВНИИЭФ создан Совет по культуре безопасности в РФЯЦ-ВНИИЭФ, определен состав Совета и разработано «Положение о Совете по культуре безопасности» [12];

– разработано и утверждено директором РФЯЦ-ВНИИЭФ «Положение о культуре безопасности в ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» [13];

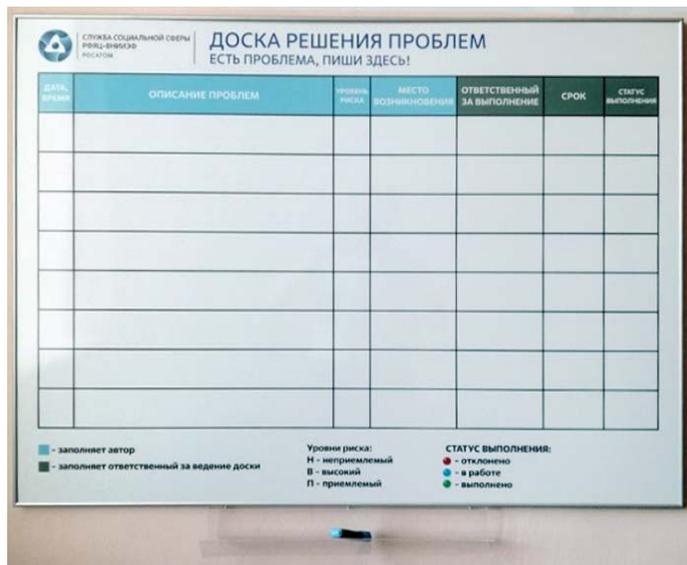


Фото 1–2. Уголок по культуре безопасности и Доска решения проблем в подразделении РФЯЦ-ВНИИЭФ

– введены в действие «Методические рекомендации по развитию института уполномоченных по культуре безопасности и уполномоченных по охране труда в организациях Госкорпорации «Росатом» [14].

В РФЯЦ-ВНИИЭФ сформирован и активно функционирует институт уполномоченных по культуре безопасности. В 2022 году в его составе работали 64 уполномоченных по культуре безопасности подразделений со сроками полномочий до 30.12.2022 и главный уполномоченный по культуре безопасности в РФЯЦ-ВНИИЭФ, заместитель главного инженера РФЯЦ-ВНИИЭФ – начальник службы технической безопасности Воеводин А. В. со сроком полномочий до 29.12.2023. Работа уполномоченных по культуре безопасности осуществлялась по личным ежеквартальным планам. Главным уполномоченным по культуре безопасности в РФЯЦ-ВНИИЭФ ежеквартально проводился мониторинг выполнения личных планов.

Уполномоченные по КБ подразделений:

– прошли электронное обучение по обязательным курсам на отраслевом образовательном портале ml.rosatom.ru;

– принимали участие в деятельности рабочих групп, сформированных решением организационного сбора в декабре 2021 г.;

– участвовали в отраслевых мероприятиях по культуре безопасности (в том числе в дистанционном формате);

– организовывали и создавали «Уголки по культуре безопасности» и «Доски решения проблем» (см. фото 1–2);

– информировали персонал своих подразделений по вопросам культуры безопасности: путем размещения инфоматериалов в «Уголке по культуре безопасности»; на информационных панелях, посредством рассылки работникам актуальной информации в служебной вычислительной сети, проведения разъяснительных бесед и минуток безопасности;

– обеспечивали «обратную связь» с персоналом подразделений по решению высказанных проблем (предложений), в части обеспечения безопасности на рабочих местах;

– организовывали работу активов по культуре безопасности в своих подразделениях;

– участвовали в разработке локальных нормативных актов по культуре безопасности;

– изучали лучшие отраслевые и локальные практики по развитию культуры безопасности и повышения вовлеченности работников в обеспечение требований охраны труда.

Главным уполномоченным по культуре безопасности в РФЯЦ-ВНИИЭФ ежеквартально проводились Сборы уполномоченных с представлением актуальной информации по прошедшим мероприятиям в области культуры безопасности в Госкорпорации «Росатом», дирекции ЯОК и РФЯЦ-ВНИИЭФ и с обсуждением актуальных вопросов по развитию и совершенствованию культуры безопасности на предприятии (см. фото 3–4).

На Сборах руководителями и специалистами отдела охраны труда РФЯЦ-ВНИИЭФ в обязательном порядке доводилась информация о состоянии производственного травматизма на предприятиях и в организациях Госкорпорации «Ростом» и РФЯЦ-ВНИИЭФ, рассматривались обстоятельства и определялись коренные и сопутствующие причины произошедших несчастных случаев на производстве. Решения Сборов оформлялись протоколами, которые рассылались уполномоченным для выполнения

мероприятий. При необходимости протоколы направлялись руководителям структурных подразделений РФЯЦ-ВНИИЭФ для оказания содействия своим уполномоченным по культуре безопасности в практической реализации решений сборов.

По материалам сборов выпущены 3 информационных бюллетеня по культуре безопасности. Информация о проведенных сборах размещалась в новостной ленте на внутреннем портале РФЯЦ-ВНИИЭФ, в приложении (информационной вкладке предприятия) отраслевой газеты «Страна Росатом» (см. рис. 5–6).



Фото 3–4. Сборы уполномоченных по культуре безопасности подразделений РФЯЦ-ВНИИЭФ



Рис. 5–6. Информационные материалы, освещающие проведение сборов уполномоченных по культуре безопасности подразделений

Для информационной поддержки уполномоченных по культуре безопасности подразделений и заинтересованных работников РФЯЦ-ВНИИЭФ:

– создана веб-страница «Культура безопасности» на внутреннем портале РФЯЦ-ВНИИЭФ в служебной вычислительной сети (см. рис. 7). Страница регулярно наполняется материалами, содержащими основные руководящие документы по культуре безопасности, информацию о прошедших мероприятиях и событиях в области культуры безопасности, методические разработки и описание лучших практик, фото- и видео – архивы.

– выпущен тираж методических материалов (см. рис. 8), разработанных АНО «Корпоративная академия Росатома»: памятка по культуре безопасности для работников организаций Госкорпорации «Росатом», памятка «Порядок выполнения самопроверки «5 шагов к безопасности»; блокнот для посещения производственных площадок. Уполномоченные по культуре безопасности распространяли печатный тираж и электронные версии

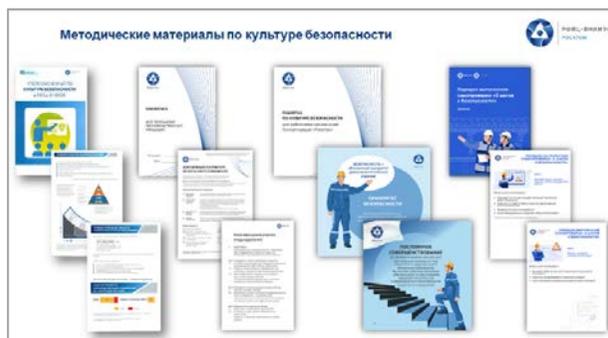


Рис. 7–8. Веб-страница на внутреннем портале РФЯЦ-ВНИИЭФ и тираж методических материалов по культуре безопасности

методических материалов среди работников своих подразделений.

– главным уполномоченным по культуре безопасности в РФЯЦ-ВНИИЭФ систематически рассылалась уполномоченным по культуре безопасности подразделений информация по культуре безопасности, опубликованная в СМИ, а также размещенная в сети Интернет.

Для популяризации среди работников РФЯЦ-ВНИИЭФ культуры безопасного поведения [4] выпущены 2 информационных плаката (см. рис. 9–10) и видеообращение руководства к работникам предприятия, содержащие разъяснения целей, принципов и обя-

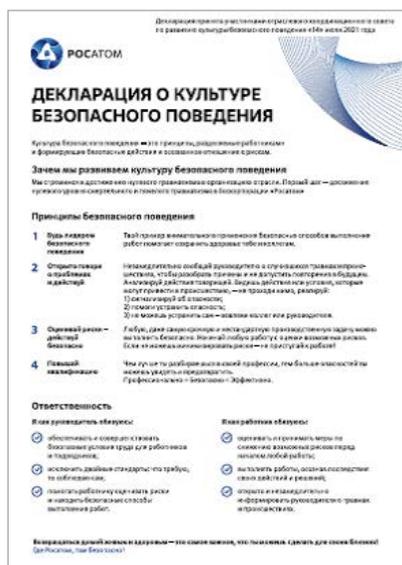


Рис. 9–10. Информационные плакаты по культуре безопасного поведения

зательств руководителей и работников, изложенных в «Декларации о культуре безопасного поведения». Распоряжением главного инженера РФЯЦ-ВНИИЭФ организовано ознакомление персонала РФЯЦ-ВНИИЭФ с разработанными материалами в служебной вычислительной сети, на информационных панелях, информационных досках, уголках по охране труда и культуре безопасности.

Реализована практика привлечения уполномоченных по культуре безопасности подразделений к проведению комплексных, целевых и оперативных проверок соблюдения требований безопасности и охраны труда в подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ. С участием уполномоченных проведено 4 проверки.

По инициативе уполномоченных по культуре безопасности проведены внутренние партнерские визиты с целями обмена практиками по реализации мероприятий по развитию культуры безопасности в подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ (2 визита,



Фото 11–12. Рабочие моменты визита уполномоченных по культуре безопасности в НИО-07

фото 11–12). В ходе визитов уполномоченными проведены диалоги по безопасности с работниками посещаемых подразделений.

В целях ознакомления с лучшими практиками по развитию КБ, решения актуальных вопросов по развитию и совершенствованию КБ уполномоченные по КБ приняли участие в ряде отраслевых и дивизиональных мероприятиях в очном и дистанционном форматах (см. фото 13–20):

– молодежный форум по культуре безопасности ЯОК «Волна» (17–20 мая 2022 г., ФГУП «ПСЗ»);

– XI Международная школа по культуре безопасности ЯРОО «Культура безопасности. Лидерство в целях безопасности» (5–7 июля 2022 г., Санкт-Петербургский филиал АНО ДПО «Техническая академия Росатома»);

– трек «Безопасность» 3-го Молодежного форума #Pro.ЯОК (1–3 августа 2022 г., г. Екатеринбург);

– модули отраслевого Слета лидеров безопасности (13 сентября, 29 сентября, 13 октября 2022 г.);

– молодежная секция XVI Международного ядерного форума «Безопасность ядерных технологий: культура безопасности» (3–7 октября 2022 г., Санкт-Петербургский филиал АНО ДПО «Техническая академия Росатома»);

– партнерский визит по культуре безопасности на АО «ФНПЦ «ПО «Старт» им. М. В. Проценко» (5–6 октября 2022 г., г. Заречный);

– заседания Совета по культуре безопасности Дирекции ЯОК (23 августа, 13 сентября, 16 декабря 2022 г.);

– Слет уполномоченных по культуре безопасности организаций ЯОК (15–18 ноября 2022 г., ФГУП «ПСЗ»);

– круглый стол «Культура безопасности. Развитие лидерства и мотивации персонала» и тренинг «Лидерство для обеспечения безопасности: роли, ответственность, компетенции, модели поведения лидеров. (15–17 ноября 2022 г., ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров).



Фото 13–14. Уполномоченные по культуре безопасности РФЯЦ-ВНИИЭФ в составе участников отраслевых мероприятий



Фото 17–18. Заседание Совета по культуре безопасности и работа Слета уполномоченных по культуре безопасности организаций Дирекции ЯОК



Фото 15–16. Модуль № 2 Отраслевого слета лидеров безопасности и пленарное заседание Международного ядерного форума

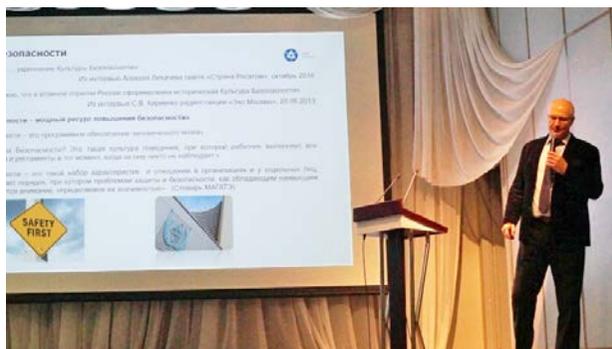


Фото 19–20. Круглый стол и тренинг по вопросам культуры безопасности

В течение 2022 года работники РФЯЦ-ВНИИЭФ изучали электронные курсы по развитию культуры безопасного поведения и охраны труда на отраслевом образовательном портале ml.rosatom.ru. Проведено обучение 24265 чел/курсов и изучено 73 курса по данному направлению. В том числе 8134 человека изучили курс «Основы управления рисками».

Группа работников подразделений РФЯЦ-ВНИИЭФ приняла участие в обучающем семинаре по культуре безопасности, организованном АО «Русатом «Автоматизированные системы управления» 13 декабря 2022 г. для организаций подрядчиков и поставщиков товаров и услуг в режиме видеоконференции.



Фото 21–22. Заключительный этап занятия и свидетельство о сертификации Фабрики безопасности

В 2022 году два работника прошли обучение по курсу «Безопасное поведение на рабочем месте» и сертификацию в автономной некоммерческой организации «Корпоративная академия Росатома» в качестве локальных тренеров для проведения занятий в рамках масштабного отраслевого проекта по развитию культуры безопасного поведения.

Госкорпорацией «Росатом» взят курс на достижение нулевого уровня тяжелого и смертельного травматизма и уменьшение общего количества несчастных случаев на производстве. С этой целью реализуется масштабная кампания по развитию культуры безопасного поведения. Для массового вовлечения работников в процесс обеспечения безопасности Дирекцией по ядерному оружейному комплексу поставлена задача по созданию на каждом предприятии Фабрики безопасности. В рамках выполнения поставленной задачи создана Фабрика безопасности «Оказание первой помощи пострадавшим при несчастных случаях на производстве» (см. фото 21–22).

Фабрика безопасности – это учебная площадка для практического обучения (тренинга) по приобретению навыков выявления возможных опасностей и профессиональных рисков трудового процесса, формированию культуры безопасного поведения работников предприятия, изучению основ диагностики состояний и отработке приемов оказания первой помощи пострадавшим при несчастных случаях на производстве, а также при внезапном ухудшении здоровья. За три месяца был разработан пакет методических материалов, успешно прошедший процедуру сертификации в АНО «Корпоративная академия Росатома». На фабрике безопасности проведено обучение первых 6-ти групп работников подразделений.

Фабрика безопасности позволяет поддерживать и совершенствовать умения и навыки оказания первой помощи пострадавшим на производстве, формирует готовность оказать помощь пострадавшим при несчастных случаях, способствует вовлече-

нию работников в процесс обеспечения безопасности, повышает уровень культуры безопасности, формирует чувство ответственности за свою безопасность и безопасность коллег на производстве. Занятия на Фабрике безопасности безусловно повлияют на уровень безопасности, будут способствовать снижению количественных и качественных показателей производственного травматизма на предприятии и в отрасли в целом.

С участием уполномоченных по культуре безопасности и уполномоченных по охране труда профкомов специалистами по охране труда организована и проведена опытная эксплуатация СИЗ, предоставленных компанией ООО «Восток-Сервис» на безвозмездной основе, в одном из цехов завода ВНИИЭФ. Всего эксплуатировалось 18 наименований СИЗ, в том числе: спецодежда – 8 видов; спецобувь – 3 вида; защиты кожи рук – 3 вида; СИЗОД – 1 вид; защита органов зрения – 2 вида. Результаты пробного использования рассмотрены на заседании совместной комиссии РФЯЦ-ВНИИЭФ и ППО РПРАЭП по обеспечению СИЗ, выданы соответствующие рекомендации в Службу закупок.

В 2022 году вопросы по КБ систематически рассматривались: на совещаниях главных инженеров структурных подразделений (4 совещания), на совещаниях со специалистами по охране труда структурных подразделений РФЯЦ-ВНИИЭФ (3 совещания), на собраниях с уполномоченными по охране труда профкомов (2 собрания). Проведено совещание по вопросам безопасности, охраны труда и КБ с руководителями подрядных организаций, выполняющих строительно-монтажные работы на объектах подразделений РФЯЦ-ВНИИЭФ. На совещании также рассмотрены итоги 2-х целевых проверок (ЗАО «Саров-ГидроМонтаж» и ООО «СаровАтомСтрой»). Обеспечены коммуникации с работниками путем их личных обращений, обращений к специалистам по охране труда, уполномоченным по КБ подразделений. В сентябре – октябре 2022 года в подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ проведены производственные совещания по вопросам безопасности и охраны

труда, профилактики травматизма и развития культуры безопасного поведения.

Директором РФЯЦ-ВНИИЭФ проведено информирование молодых специалистов – выпускников ВУЗов, принятых на работу в ядерный центр в 2021 году, об основных принципах безопасности и мерах профилактики производственного травматизма на ежегодном Форуме молодых специалистов. Количество участников мероприятия более 200 человек. В рамках проекта «Инфочас» проведена встреча молодых работников подразделений РФЯЦ-ВНИИЭФ с главным уполномоченным по КБ РФЯЦ-ВНИИЭФ. Тема встречи: «Вместе за безопасность! Развитие культуры безопасного поведения». На встрече обсуждены актуальные вопросы обеспечения безопасности и охраны труда, состояния условий труда и развития культуры безопасности, а также вопросы заданные молодыми работниками (см. фото 23–24).

На внутреннем электронном портале в служебной вычислительной сети организовано функционирование вкладки «Вопросы руководству». Проведены сборы вопросов и подготовлены ответы по поступившим вопросам от работников в рамках проведения Дней информирования. В развитии решения вопросов, поступивших от работников в рамках пульс-опроса, подготовлены предложения по блоку «Безопасность» в план мероприятий РФЯЦ-ВНИИЭФ.

В целях повышения мотивации работников проведен конкурс среди ИТР по обеспечению технической безопасности и охраны труда по итогам работы в 2022 году. Победителями конкурса по представлениям от подразделений РФЯЦ-ВНИИЭФ и функциональных служб признано 85 работников, которым объявлена благодарность в приказе директора института, а 60 из них выплачено единовременное денежное вознаграждение в размере от 10 до 15 тысяч рублей (см. фото 25–26). Четырнадцать человек, вошедшие в число победителей конкурса по различным категориям являются уполномоченными по культуре безопасности подразделений РФЯЦ-ВНИИЭФ. Специалистами

службы управления персоналом и служб главного инженера организовано участие работников в номинации «Безопасность атомной энергетики и промышленности» конкурса «Человек года Росатома» в рамках отраслевой программы признания достижений работников. По итогам работы конкурсных комиссий на этапах предприятия и дивизиона (ЯОК) начальник группы ООТ РФЯЦ-ВНИИЭФ Л. Н. Якобсон заняла 1 место.

С участием уполномоченных по культуре безопасности и уполномоченных по охране труда профкомов специалистами по охране труда под руководством главного уполномоченного по культуре безопасности в РФЯЦ-ВНИИЭФ с целью определения направлений работы по развитию и совершенствованию культуры безопасности организована и проведена самооценка уровня КБ в организации по чек-листу и критериям оценки, предложенным дирекцией по ЯОК

[15]. С учетом наличия минимального количества происшедших несчастных случаев, отсутствия случаев профзаболеваний, отсутствия инцидентов и аварий на ОПО, отсутствия пожаров на объектах предприятия, результатов инспекционных проверок отраслевых контрольных и государственных надзорных органов в РФЯЦ-ВНИИЭФ определен средний уровень развития КБ.

В безопасности очень важно не только реагировать на негативные события (инциденты, аварии, несчастные случаи), но создавать предупреждающую систему. Будущее Росатома – за проактивным подходом. Необходимо работать на опережение, на профилактику травматизма, а для этого нужно изменить сознание и работников, и руководителей. Без атмосферы открытости и доверия, понимания общей цели и личного примера со стороны руководителей предприятия добиться положительных результатов очень



Фото 23–24. Молодежный Инфочас «Вместе за безопасность! Развитие культуры безопасного поведения»

Рис. 25–26. Награждение победителей конкурса по обеспечению технической безопасности и охраны труда

сложно. Важную роль при этом играют уполномоченные по культуре безопасности. Именно они призваны наладить коммуникацию между руководителем и коллективом. Необходимо активнее вести разъяснительную работу, встречаться с людьми на рабочих местах, обсуждать вопросы безопасности на производственных совещаниях, вовлекать в процесс обеспечения безопасности как можно больше участников.

Завершая свой обзор, я с уверенностью могу сделать вывод о том, что коллектив РФЯЦ-ВНИИЭФ встал на правильный путь культуры безопасности. Сделав первые шаги, предстоит еще много и кропотливо трудиться. Необходимо постоянно выявлять возможности для улучшения функционирования системы управления безопасностью, извлекать уроки из происшедших негативных событий, внедрять передовой отечественный и зарубежный опыт предотвращения небезопасных действий и предпосылок к нарушениям. Системная работа по развитию и совершенствованию культуры безопасности обязательно принесет свои результаты и будет способствовать повышению уровня безопасности на предприятии в целом.

Список литературы

1. Федеральный закон от 21.11.1995 № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии».

2. Письмо заместителя директора департамента разработки и испытаний ЯБП и ВЭУ «О направлении заявления о политике в области культуры безопасности Госкорпорации «Росатом» и её организаций», от 29.01.2020 № 1-4.1/3409

3. Приказ генерального директора Госкорпорации «Росатом» от 19.07.2021 № 1/884-П «Об утверждении Единой отраслевой политики культуры безопасности Госкорпорации «Росатом» и ее организаций».

4. Перечень задач отраслевого координационного совета по культуре безопасного поведения в Госкорпорации «Росатом» и ее организациях от 30.08.2019 № 1/914-П.

5. Письмо заместителя директора Дирекции по ядерному оружейному комплексу – директора департамента развития НПБ ЯОК от 26.07.2021 № 1-4.3/35268 «О положении об уполномоченных по культуре безопасности в ядерном оружейном комплексе».

6. Письмо заместителя директора департамента развития НПБ ЯОК от 05.08.2021 № 1-4.3/37379 «О положении по развитию культуры безопасности в ядерном оружейном комплексе».

7. Приказ генерального директора Госкорпорации «Росатом» от 30.08.2022 № 1/1117-П «Об утверждении комплексной программы мероприятий по профилактике производственного травматизма в отрасли».

8. Приложение к протоколу IV отраслевого Форума-диалога «День безопасности атомной энергетики и промышленности» от 08.11.2021 № 1-1/78-Пр.

9. «План мероприятий по развитию культуры безопасности в ЯОК на второе полугодие 2022 года» от 17.08.2022 № 1-4Д/27088-ВК.

10. Приказ директора РФЯЦ-ВНИИЭФ от 18.02.2022 № 195/1234-П «О плане развития и совершенствования культуры безопасности в РФЯЦ-ВНИИЭФ на 2022 год».

11. «Программа достижения целей и задач в области охраны здоровья и безопасности труда на 2022 год» от 03.03.2022 № 195-2071/47135.

12. Приказ директора РФЯЦ-ВНИИЭФ от 24.03.2022 № 195/2163-П «О создании совета по культуре безопасности в ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ».

13. «Положение о культуре безопасности в ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» от 16.09.2022 № 195-2071/223675.

14. Письмо генерального инспектора Госкорпорации «Росатом» от 18.10.2022 № 1-1.4/59136-ИВК «О направлении «Методических рекомендаций по развитию института уполномоченных по культуре безопасности и уполномоченных по охране труда в организациях Госкорпорации «Росатом».

ЛИДЕРСТВО ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ: РОЛИ, ОТВЕТСТВЕННОСТЬ, КОМПЕТЕНЦИИ, МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ ЛИДЕРОВ

С. В. Исаков

Частное учреждение «Ситуационно-кризисный центр Росатома»

*«Если быть, то быть первым»
Валерий Чкалов*

Перманентное развитие лидерских качеств работников атомной отрасли является мощным инструментом обеспечения безопасности объектов использования атомной энергии. В настоящее время повышенный интерес к воспитанию лидеров наблюдается в организациях Госкорпорации «Росатом». МАГАТЭ, ВАО АЭС являются основными методологами развития лидерства для обеспечения безопасности.

Согласно методологии МАГАТЭ характеристиками культуры безопасности (далее – КБ) являются:

- 1) лидерство для обеспечения безопасности,
- 2) четкое распределение ответственности,
- 3) безопасность – ясно осознаваемая ценность,
- 4) безопасность включена во всю деятельность,
- 5) безопасность обеспечивается через обучение.

На примере организаций Госкорпорации «Росатом» можно отчетливо наблюдать эволюцию отношения к процессу управления КБ за последние девять лет.

В 2015 г. в организациях Госкорпорации «Росатом» наблюдалось **отсутствие:** политик в области КБ, программ в области КБ, планов реализации программ в области КБ, четкого распределения ответственности за управление КБ, Менеджеров/Специалистов/Экспертов по КБ, осознания необходи-

мости управления КБ на уровне руководителей, бюджетов на управление КБ, самооценок и независимых оценок КБ, внутренних тренингов по КБ, наглядной агитации по КБ, аудитов КБ в подрядных организациях.

В 2023 г. в организациях Госкорпорации «Росатом» наблюдается **наличие:** политик в области КБ, программ в области КБ, Менеджеров/Специалистов/Экспертов по КБ, ответственных за КБ в структурных подразделениях организаций, планов деятельности по управлению КБ, четкого распределения ответственности за управление КБ, осознания необходимости управления КБ на уровне руководителей, бюджетов на управление КБ, самооценок и независимых оценок КБ, систем добровольных сообщений по вопросам безопасности, внутренних и внешних тренингов по КБ, наглядной агитации по КБ, аудитов КБ в подрядных и субподрядных организациях, семинаров и тренингов по КБ для организаций цепочек поставщиков и т.д.

Важным аспектом повышения безопасности является воспитание лидеров посредством формирования лидерских качеств каждого работника организации.

Руководство организации должно осознавать ответственность за создание условий, способствующих формированию лидерских качеств работников для обеспечения безопасности.

Лидерство – это использование личных способностей и компетенций для управления отдельными лицами и группами людей и оказания влияния на их **приверженность**

достижению основополагающей цели обеспечения безопасности и применению основополагающих принципов безопасности посредством общих целей, ценностей и норм поведения (МАГАТЭ GSR Часть 2).

ЛИДЕР – человек, который вдохновляет людей, побуждает их к правильным самостоятельным решениям и действиям и влияет на них с целью достижения целей организации, придерживаясь при этом ключевых ценностей. При необходимости, лидер вмешивается в деятельность других людей, корректируя их поведение, отношение и восприятие, и мотивирует их на выполнение действий, активизацию мыслительных процессов, принятие решений, активную поддержку позитивных изменений и стремление к совершенству (определение ВАО АЭС).

Лидерство каждого работника является архиважным аспектом эффективного функционирования интегрированной системы менеджмента организации, включающей в себя:

- систему управления безопасностью;
 - систему менеджмента качества;
 - систему управления культурой безопасности;
 - систему управления рисками;
 - систему экологического менеджмента;
 - систему управления охраной труда
- и другие системы управления.

Каждый работник организации может проявлять лидерские качества, демонстрируя критическую позицию, безопасное поведение, взвешенный и регламентированный подход при осуществлении всех действий и принятии всех решений.

Настоящий лидер стремится достичь заявленных целей организации при безусловном соблюдении требований безопасности, качества и КБ, действуя в соответствии с установленными принципами, подходами, методами, моделями поведения, а также заявленными ценностями организации. Настоящий лидер знает правильный путь, идет по нему и показывает его другим.

Каждый работник организации может стать лидером; лидерами не рождаются,

а становятся. Лидер – это не звание или должность, лидерство – выбор работников организации. Лидер оказывает влияние на работников его команды посредством поведенческих моделей и отношений. Принятые всеми работниками организации ценности, установки, модели поведения позволяют успешно решать поставленные задачи и достигать намеченные цели. Роли и ответственность лидеров различных уровней управления организации представлены в табл. 1.

Работники организаций, непрерывно развивающих лидерство, осуществляют все действия и выполняют все процедуры безопасно не потому, что так сказал начальник, а потому, что разделяют основные ценности: безусловный приоритет безопасности, непрерывное совершенствование процессов управления, лидерство, некарательная культура, критическая позиция, единая команда, ответственность за результат, качество, взаимопочтение, прозрачность, эффективность, компетентность, которые определяют поведение и действия. Ценности, отношения, модели поведения определяют организационную культуру и оказывают непосредственное влияние на процесс обеспечения безопасности.

Лидеры профессионально и уважительно принимают во внимание, обсуждают и анализируют все точки зрения для определения правильного направления деятельности и принятия осознанных, взвешенных решений.

Работники организаций с развитыми лидерскими качествами осознают, что ядерные технологии являются специальными и уникальными, и принимают всю полноту ответственности за обеспечение всех видов безопасности (ядерной, радиационной, пожарной, промышленной, экологической и т.д.).

Все события в нашей жизни распределены следующим образом: 10% событий происходят по независящим от нас обстоятельствам, на 90% событий влияет способ нашего реагирования на конкретное

Роли и ответственность лидеров

Лидеры команд	Лидеры структурных подразделений	Руководство
<p>Развитие работников</p> <p>Поддержание стремления работников к успеху</p> <p>Мониторинг выполнения работ</p> <p>Наблюдения</p> <p>Обеспечение технических консультаций и разработка инструкций</p> <p>Отвечают за достижение целей команды</p> <p>Обеспечивают команду необходимыми для выполнения работ ресурсами</p> <p>Обеспечивают команде постоянную обратную связь</p> <p>Активизируют командную работу</p> <p>Планируют работу</p>	<p>Решают оперативные вопросы в рамках задач подразделения</p> <p>Контроль общей эффективности подразделения</p> <p>Анализ и совершенствование бизнес-процессов</p> <p>Оптимизация выполнения работ</p> <p>Сосредотачивают усилия на решении проблем</p> <p>Внедряют лучшие практики и используют опыт организации</p> <p>Поощряют критическую позицию</p> <p>Обеспечивают лидерство и совместное руководство</p> <p>Одобрят и мотивируют высокую производительность труда</p>	<p>Постановка задач организации</p> <p>Определение долгосрочных целей организации</p> <p>Выработка стратегии и общего плана мероприятий</p> <p>Информирование работников о методах управления организации</p> <p>Материальная ответственность</p> <p>Наставничество</p> <p>Мониторинг эффективности организации</p> <p>Обеспечение воспитания и развития лидеров</p> <p>Управление изменениями</p> <p>Набор персонала</p> <p>Принятие незамедлительных управленческих решений</p> <p>Установление и поддержание структуры коммуникаций</p> <p>Мониторинг эффективности бизнес-процессов</p> <p>Деловая хватка</p> <p>Эффективное делегирование полномочий</p> <p>Эффективное управление расходами</p>

событие. Каждый работник играет индивидуальную, командную и лидерскую роли; отношения и поведенческие модели, принятые в организации, оказывают непосредственное влияние на ее работников. В конечном счете выигрывают совершенствующие культуру ответственности организации, в которых уделяют внимание грамотной постановке за-

дачи, четкому распределению ответственности, скрупулезному и регламентированному выполнению всех этапов работ при решении поставленной задачи. Основные компетенции и модели поведения лидеров представлены в табл. 2.

Основные компетенции и модели поведения лидеров

Компетенции	Модели поведения
Развитие организации	Постановка сложных, долгосрочных задач; постоянное содействие открытому обсуждению любых проблем; осведомленность о карьерных планах каждого работника; построение перспективных планов развития и их выполнение; забота о работниках, которые нуждаются в помощи и дальнейшем развитии; совершенствование системы развития организации; воспитание работников.
Ориентация на заказчика	Приверженность удовлетворению ожиданий и требований внутренних и внешних заказчиков; получение информации непосредственно от заказчика и использование полученной информации для повышения качества продукции и услуг; осуществление деятельности с учетом интересов заказчика; установление и поддержание эффективного взаимодействия с заказчиком, повышение доверия заказчиков.
Стратегическое мышление	Четкое понимание целей; точное прогнозирование будущих последствий и тенденций; широкий кругозор и большие планы на будущее; ориентированность на будущее; точное прогнозирование вероятности развития событий; разработка конкурентоспособных прорывных стратегий и планов.
Управленческая смелость	Приверженность критической позиции; предоставление другим работникам своевременной, полной, достоверной обратной связи; честное информирование работников о текущей ситуации; незамедлительное информирование работников обо всех проблемах, связанных с любым сотрудником или любой ситуацией; готовность при необходимости предпринять непопулярные действия.
Мотивация работников	Создание атмосферы, в которой работники стремятся сделать все возможное для достижения цели; поощрение свободного обмена информацией между работниками; способность найти подход к каждому работнику и использовать это для получения максимальной отдачи каждого работника; эффективное доведение поставленных задач и принятых решений до всех работников; делегирование полномочий другим работникам; вовлечение каждого работника в планирование деятельности организации; убеждение каждого работника в важности выполняемой им работы; демонстрация эффективной, безопасной, качественной работы личным примером.
Деловая хватка	Четкое понимание функционирования бизнес-процессов; хорошая осведомленность о политиках, практиках, тенденциях и информации, влияющих на бизнес-процессы организации; изучение конкурентов; понимание того, как стратегии и тактики работают в условиях рынка.
Межличностные коммуникации	Умение налаживать отношения с работниками всех уровней управления внутри и вне организации; поддержание необходимого уровня взаимопонимания в команде; налаживание конструктивных и эффективных взаимодействий; использование дипломатии и такта; умение урегулировать конфликты и работать в условиях стресса.

Компетенции	Модели поведения
Решение проблем	Использование строгой логики и жестких методов для нахождения эффективных решений трудных задач; тщательное изучение широкого спектра источников информации для нахождения взвешенных решений возникающих проблем; умение обнаруживать скрытые проблемы; способность профессионально проводить беспристрастные расследования нарушений в работе; способность заглядывать за очевидные факты и не останавливать анализ проблемы при получении первых ответов на поставленные вопросы, т.е. способность проводить глубокие анализы и тщательные расследования.
Нацеленность на результат	Готовность к достижению высоких целей; постоянное присутствие в списке лучших работников организации; неуклонное стремление к достижению личных и командных результатов.
Формирование эффективных команд	Подбор работников для формирования эффективных команд; укрепление морального духа в команде; умение разделить победы и успехи с членами команды; стремление к открытому диалогу и свободному обмену информацией; предоставление возможности работникам лично отвечать за результаты своей работы; позиционирование всех достижений, как результата успешной работы всей команды; формирование у каждого работника осознания принадлежности команде единомышленников.

Характерным признаком непрерывно обучающейся организации является включение процесса управления знаниями в интегрированную систему управления. Лидеры способствуют формированию среды, стимулирующей стремление работников к постоянному самообучению, обучению, повышению квалификации и наставничеству. Такая среда способствует постоянному повышению уровня квалификации работников и зрелости организации посредством инструментов совершенствования, таких как идентификация и смягчение рисков, анализ и использование опыта организации и опыта эксплуатации конечной продукции, самооценки и независимые оценки, бенчмаркинг, методы предотвращения ошибок, тренинги, использование любой возможности для обучения и распространения знаний среди работников. В данной среде работники привержены постоянному совершенствованию и внедрению лучших практик в деятельность организации. Повышение производительности

труда является ключевым аспектом деятельности успешной организации, стремящейся добиться значительных результатов.

Важным аспектом зрелой организации, формирующей лидерство на всех уровнях управления, является незначительная дистанция власти, что эффективно способствует формированию атмосферы открытости и доверия. Лидеры несут ответственность за свободную эффективную коммуникацию и признают жизненную важность критической позиции, что является базисом для обмена информацией и принятия взвешенных решений. Так как свободный обмен информацией способствует формированию атмосферы доверия, имеет смысл внедрить свободную и эффективную коммуникацию между всеми уровнями управления организации. Эффективная коммуникация подразумевает, что важно не просто сказать, что данная проблема важна, а особенно важно, чтобы все работники организации были проинформированы о ней и осознали ее важность.

Команда лидеров уделяет особое внимание эффективному и стратегическому управлению расходами, инвестируя средства в работников и в организацию для поддержания превосходных материальных условий. Достижение стратегической цели – эффективное и качественное осуществление всех видов деятельности – требует экономного расходования бюджета и ресурсов. Необходимо не просто принимать решения, а прилагать усилия, чтобы найти самое простое решение, что позволит более эффективно решить проблемы и удовлетворить потребностям организации. Зрелая организация никогда не позволит себе экономить на безопасности и качестве своей работы.

Следует обратить пристальное внимание на внедрение культуры безошибочного выполнения обязанностей, на приверженность принципу – выполняй работу правильно с первого раза, на принятие осознанных, взвешенных решений, только располагая полной информацией по данной проблеме. Устойчивая организация не оценивает работу исключительно по производительности труда, а оценивает корректность, эффективность и результативность выполнения каждой работы. Идентификация, анализ и смягчение рисков также являются ключевыми элементами деятельности организации.

Отклонения и ошибки в работе необходимо тщательно анализировать и эффективно устранять. Анализ коренных причин

обнаруженных ошибок и отклонений в работе дает исчерпывающую информацию, позволяющую совершенствовать деятельность организации. Усилия, затрачиваемые на сбор данных и анализ проблем, соизмеряются с их значимостью. Лидеры собирают необходимые данные из различных источников (план корректирующих действий, измерения, мониторинг, самооценки, независимые оценки, наблюдения, аудиты, внешняя информация) и осознанно принимают взвешенные и регламентированные решения относительно следующих за принятием решения действий и мероприятий. Комплексный анализ эффективности процессов управления позволяет вносить коррективы в деятельность организации ровно настолько, насколько это необходимо, учитывая влияние любых изменений на устойчивость и эффективность работы.

Риск-ориентированное мышление позволяет спрогнозировать и предотвратить нежелательные события и сформулировать ожидания к безопасному поведению каждого работника. Поведение, действия, решения каждого работника сегодня оказывают непосредственное влияние на безопасную, качественную и эффективную работу организации в будущем. Фундаментальные модели поведения работников, лидеров и организации представлены в табл. 3.

Таблица 3

Фундаментальные модели поведения

	Как работники мы:	Как лидеры мы:	Как организация мы:
Безопасность и основная деятельность	Демонстрируем приоритет безопасности посредством приверженности, осознания, распределения ответственности, смягчения выявленных рисков, безопасного поведения.	Являемся поведенческой моделью, способствуем формированию поведенческих моделей, направленных на повышение безопасности и совершенствование КБ.	Обеспечиваем охрану окружающей среды, следим за тем, чтобы минимизировать воздействие на окружающую среду. Оцениваем воздействие деятельности организации на окружающую среду.

	Как работники мы:	Как лидеры мы:	Как организация мы:
Безопасность и основная деятельность	Соответствуем применимым стандартам (нормам, правилам) безопасности и ожиданиям руководства организации.	Осуществляем мониторинг соответствия стандартам и ожиданиям, принимаем меры в случае несоответствия поведенческих моделей стандартам и ожиданиям, принятым в организации.	Устанавливаем четкие стандарты и ожидания, соответствующие требованиям и принципам безопасности, качества и КБ.
	Понимаем важность следования стандартам безопасности, качества и КБ.	Осуществляем мониторинг деятельности по совершенствованию интегрированной системы менеджмента.	Подчеркиваем важность осуществления всех видов деятельности в соответствии требованиями и принципами безопасности, качества и КБ.
	Используем рабочее время, чтобы выполнить работу правильно с первого раза.	Устанавливаем качество как основное требование к профессиональной деятельности.	Ужесточаем требования к моделям поведения, что обеспечивает правильное выполнение работ с первого раза.
	Поддерживаем критическую позицию.	Поддерживаем критическую позицию, избегая предположений, тщательно проясняя возникающие вопросы и проблемы, бросая вызов устоявшемуся положению вещей.	Воодушевляем работников на идентификацию, анализ и смягчение рисков.
	Стремимся к достижению общих целей, что, в конечном итоге, способствует превосходным материальным условиям в организации.	Выстраиваем приоритеты таким образом, чтобы результаты деятельности способствовали превосходным материальным условиям в организации.	Устанавливаем цели и приоритеты для поддержания и совершенствования профессиональной надежности работников и обеспечения превосходных материальных условий в организации.
Ответственность и личная заинтересованность	Конструктивно подвергаем сомнению и критике идеи, действия и решения коллег по команде и лидеров.	Открыто реагируем на получаемую обратную связь.	Активно взаимодействуем с общественностью.
	Решаем проблемы коллективно.	Планируем, подготавливаем, устраняем несоответствие между реальной и ожидаемой эффективностью работы.	Обеспечиваем достижение работниками заявленных целей организации в строгом соответствии высочайшим стандартам эффективности деятельности и личной ответственности.

	Как работники мы:	Как лидеры мы:	Как организация мы:
Ответственность и личная заинтересованность	Строго соблюдаем обязательства команды.	Доводим до конца обязательства команды.	Выполняем долгосрочное планирование, что позволяет идентифицировать, проанализировать и спрогнозировать основные виды деятельности в перспективе.
	Настойчиво добиваемся выполнения работ и результативности бизнес-процессов.	Разрушаем внутри структурных подразделений барьеры, снижающие результативность бизнес-процессов.	Разрушаем организационные барьеры, снижающие результативность бизнес-процессов.
	Призываем коллег и лидеров к ответственности за их действия и решения.	Беспрепятственно сотрудничаем с работниками других структурных подразделений.	Поощряем культуру поддержания высокого уровня ответственности.
	Проверяем и расписываемся за выполненную нами работу для подтверждения ее качества и объема.	Убеждаемся, что работники ознакомились, поняли и согласовали условия выполнения работы.	Формируем такую организационную культуру, в которой работники гордятся деятельностью организации и несут за нее ответственность.
	Несем ответственность за действия команды.	Инструктируем, наставляем, обучаем работников.	Поощряем модели поведения, демонстрирующие ответственность и личную заинтересованность.
	Знаем свои роли и ответственности в рамках бизнес-процессов и процедур организации.	Делегируем полномочия и сотрудничаем в рамках задач с целью повышения эффективности их выполнения.	Обеспечиваем доведение до сведения работников четкого распределения ролей и ответственности.
Программа (План) корректирующих действий	Идентифицируем и незамедлительно сообщаем руководству обо всех отклонениях от нормальной работы, предпринимаем срочные меры по устранению отклонений.	Демонстрируем нетерпимость к нарушениям в работе персонала, стремимся к немедленному устранению нарушений.	Идентифицируем и устраняем организационные недостатки (слабости), внедряем культуру постоянного организационного обучения, что позволяет предотвращать нежелательные события.
	Используем в работе программу корректирующих действий для устранения отклонений, несоответствий и нарушений, что способствует повышению эффективности работы организации.	Являемся владельцами процессов Программы (Плана) корректирующих действий в своих рабочих группах, отделах или организации в целом.	Устанавливаем и доводим до сведения работников ожидания от влияния Программы (Плана) корректирующих действий на эффективность устранения отклонений, несоответствий и нарушений.

	Как работники мы:	Как лидеры мы:	Как организация мы:
Программа (План) корректирующих действий	Предоставляем ясное и четкое описание проблем.	Разъясняем суть проблем и вопросов работникам для обеспечения результативности бизнес-процессов организации.	Обеспечиваем высочайшее качество выполнения Программы (Плана) корректирующих действий.
	Незамедлительно информируем лидеров и руководство по любым вопросам, влияющим на безопасность и качество.	Незамедлительно устраняем отклонения в областях безопасности и качества посредством предупреждающих мер и корректирующих действий.	Обеспечиваем необходимые ресурсы для решения вопросов безопасности и качества.
Надежность персонала	Следуем политикам, регламентам, стандартам, процедурам и инструкциям организации.	Обеспечиваем, чтобы все проблемы были соответствующим образом проанализированы, приоритизированы и решены.	Выполняем и планируем работы, влияющие на обеспечение безопасности и качества, с соблюдением требований безопасности, качества и минимизации рисков.
	Используем соответствующие инструменты предотвращения нежелательных событий.	Способствуем активизации использования методов и инструментов повышения надежности персонала.	Устанавливаем и доводим до сведения работников высокие ожидания к надежности персонала и обеспечиваем качество методов и инструментов повышения надежности персонала.
	Немедленно останавливаем работу, если в чем-то не уверены или при возникновении неопределенной ситуации.	Сначала решаем возникшие проблемы, о которых сообщили работники, затем разрешаем продолжить работу.	Демонстрируем приверженность непрерывному совершенствованию деятельности организации с использованием опыта организации, бенчмаркинга, перспективных инициатив в атомной отрасли.

Сравнивая лидерство и управление, можно прийти к заключению, что управление – это умение делать вещи правильно, а лидерство – это умение делать правильные вещи.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что ключ к успешному лидерству сегодня – это степень влияния, а не уровень полномочий.

Список литературы

1. МАГАТЭ GSR Часть 2 «Лидерство и менеджмент для обеспечения безопасности», 2017;
2. РУКОВОДСТВО 1300-01 «Модель лидерства АЭС Пало Верде», 4 ревизия, 2012;
3. ГОСТ Р ИСО 19443-2020 «Системы менеджмента качества. Специальные требования по применению ИСО 9001:2015 организациями цепи поставок ядерного энергетического сектора, поставляющими продукцию и услуги, важные для ядерной безопасности (ITNS)».

ИСТОРИЯ ОРГАНИЗАЦИИ И БЕЗОПАСНОСТЬ СПЕЦИАЛЬНЫХ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

А. Л. Михайлов

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров

Под специальными взрывными работами здесь понимаются экспериментальные исследования, газодинамическая отработка и аттестация газодинамической стадии работы специзделий отрасли, а также исследования в обоснование их безопасности.

В порядке исторического экскурса отметим, что первые исследования квазисферической имплозии маломасштабных моделей проводились Юлием Борисовичем Харитоновым с сотрудниками (среди них – известные в последующем в ядерном оружейном комплексе СССР сотрудники КБ-11 (ВНИИЭФ) М. Я. Васильев и А. Д. Захаренков) еще в 1945–1946 гг. в недрах НИИ-6 (ныне ЦНИИХМ), принадлежавшем Министерству Сельскохозяйственного Машиностроения (МСХМ) СССР.

Эти работы были скорее «пробой пера» и существенного влияния на последовавшие затем работы в КБ-11 не оказали.

В 1946 году Совет Министров СССР принял постановление о создании конструкторского бюро по разработке опытных образцов атомных бомб (КБ-11 при лаборатории № 2 АН СССР), начальник П. М. Зернов, главный конструктор Ю. Б. Харитон.

В архивах РФЯЦ-ВНИИЭФ имеется краткая записка Ю. Б. Харитона о состоянии работ КБ-11 от 1 июня 1947 года, в которой говорится, что «...Научно-исследовательская и конструкторская деятельность КБ-11 началась с середины 1946 года... В связи с затяжкой строительства (речь идет о площадках для взрывных работ, изготовления и хранения ВВ) срок начала научно-исследовательских работ на месте был перенесен (постановление Правительства от 24 марта 1947 г.) с 1 октября

1946 г. на 15 мая 1947 г. Перечислим наиболее важные и первоочередные задачи, над которыми работает КБ-11:

- 1) Разработка элементов основного ряда из взрывчатого вещества.
- 2) Разработка синхронных электродетонаторов.
- 3) Исследование обжатия металлического сердечника взрывом.
- 4) Изучение состояния металла при мощных деформациях.
- 5) Теория сходящейся сферической детонационной ударной волны.
- 6) Теория размножения нейтронов при различной степени под- и «надкритичности».
- 7) Разработка центрального запала.»

Из семи перечисленных здесь Ю. Б. Харитоновым первоочередных задач пять относились непосредственно к экспериментальным работам с ВВ. Теория по п.п. 5 и 6 разрабатывалась до 1948 года в отделе Я. Б. Зельдовича в институте химической физики (ИХФ АН СССР) в Москве.

Для решения этих задач и иных работ с ВВ и были созданы самые первые лаборатории КБ-11, что говорило о важности этих работ для создания РДС-1.

Экспериментальные работы с ВВ в КБ-11 начались еще до ввода в эксплуатацию специализированного завода и первые исследовательские маломасштабные изделия из ВВ изготавливались в лабораторных условиях самими инженерно-техническими и научными сотрудниками. Но уже в 1948 году эта опасная «самодеятельность» была прекращена, начал работать завод, а в научно-исследовательском секторе (НИС) КБ-11, объединявшем всех научных

работников, теоретиков и экспериментаторов, был создан полигонный отдел под руководством инженер-майора Г. П. Ломинского – будущего главного инженера КБ-11, а позже – генерал-лейтенанта и директора ВНИИП (ныне РФЯЦ-ВНИИТФ).

В документации на специзделие записывается, что оно является радиационно-и взрывоопасным Ядерно-активные материалы и ВВ определяют степень его опасности, где «спусковым крючком» является ВВ), поэтому безопасности работ с ВВ и содержащими ВВ изделиями всегда придавалось особое значение.

В первой советской атомной бомбе, РДС-1, применялись литьевые ВВ, уже известные из техники обычных (неядерных) боеприпасов 2-ой мировой войны: тринитротолуол (тротил, тол, ТНТ), его композиции (составы) с гексогеном, аналогичные американскому «Composition-B», баратол (смесь бариевой селитры с ТНТ). Проблемы были связаны в основном с технологиями создания массивных зарядов (общая масса ВВ в РДС-1 была около 2000 кг) неведомой ранее прецизионности.

Дальнейшие работы по созданию специзделий привели к следующей логике разработки взрывчатых составов (ВС) для них. (Индивидуальные ВВ в силу необходимости удовлетворять большому комплексу рабочих, конструкторских, технологических и эксплуатационных требований в оружии, как ядерном, так и неядерном, не применяются):

технология → мощность → физико-механические свойства → эксплуатационные свойства → физическая и химическая стойкость, безопасность. Все эти параметры взаимосвязаны и удовлетворить всем требованиям одновременно совсем не просто, что и является предметом забот разработчиков ВС.

Последнее (безопасность) особенно важно в связи с масштабом потенциальных последствий аварийных ситуаций с изделиями отрасли и несанкционированных действий.

Требование повышения мощности ВВ вытекает из потребности в уменьшении массогабаритных характеристик и увеличении мощности изделий, а в первые десятилетия ядерно-оружейной эры – и в потребности

экономии дорогостоящих ядерноактивных материалов.

Но природа ВВ такова, что, как правило, повышение мощности ВВ сопровождается повышением его чувствительности к внешним воздействиям, то есть повышением его опасности.

Одним из существенных узлов специзделий являются электродетонаторы (ЭД) синхронного срабатывания, также содержащие ВВ. Требуемая от них асинхронность группового срабатывания уже в первых изделиях составляла небывало малую величину – десятые доли микросекунды, что можно было обеспечить только при времени работы индивидуального ЭД на уровне одной микросекунды. Эти требования были абсолютно новыми и небывало жесткими. К сведению: время работы обычных электродетонаторов находится в миллисекундном диапазоне, с соответствующей неприемлемо большой асинхронностью при групповом применении.

Первые «искровые» ЭД для РДС-1 и ряда последующих изделий использовали «запальный» заряд из чрезвычайно чувствительного иницирующего («первичного») ВВ – азида свинца. Эти ЭД были способны срабатывать от разрядов статического электричества, накопленного на оборудовании и даже на одежде персонала, что повлекло за собой жесткие правила безопасности при работах с ними: выравнивание потенциалов на оборудовании, увлажнение поверхности ВВ, заземление одежды и обуви персонала, инструменты из «неискрящих» металлов и т.п.

Параллельно с искровыми ЭД были разработаны «мостиковые» ЭД, требовавшие для своего срабатывания большего количества электрической энергии и потому более безопасные, но незначительно, так как в их составе также был азид свинца. Эти ЭД были чувствительны к блуждающим токам, наведенным при работе электрического оборудования или при грозовых разрядах и срабатывали при включении в бытовую электрическую сеть. Вдобавок, при обрыве мостика эти ЭД могли превратиться в более опасные искровые. Работа с синхронными ЭД первых

поколений требовала от персонала предельной собранности.

В анналах истории Советского атомного проекта 1950-х годов сохранилась беседа начальника Управления Министерства Обороны с Главным конструктором ядерных зарядов Е. А. Негиным: «Когда вы создадите безопасные ЭД? Мои офицеры тридцать два раза умирают, снаряжая ими изделие.» (В первых изделиях было по 32 ЭД). А в песенке взрывников сектора 3 ВНИИЭФ 1960-х годов были слова: «Трус не берет капсулей».

Проблема безопасности при обращении с ЭД, содержащими первичные ВВ, разработчиками специзделий была осознана сразу, но потребовалось около десяти лет до начала разработки по-настоящему безопасных ЭД, содержащих только вторичные (бризантные) ВВ. Эти разработки были начаты в начале 1950-х годов, возобновлены в середине 1950-х годов сразу в трех организациях (в НИИ-6 и в двух подразделениях КБ-11), во многом по инициативе начальника отдела 22 сектора 3 В. К. Чернышева и завершились созданием электродетонатора Д-22 (по номеру отдела-разработчика). Опасность при работе с этими ЭД была не больше опасности работ с основным зарядом ВВ специзделия, но жесткие требования к обращению с ними остались, с небольшими послаблениями, практически прежними. И это правильно, так как именно с ЭД совершается большинство операций при работе в «полевых условиях». Эти ЭД требовали для своего задействования уже килоамперных импульсов тока с наносекундной длительностью фронта – то есть специальной аппаратуры, что повлекло за собой появление, в разное время и для разных задач, целой плеяды специализированных приборов и установок. Заплатить за повышение безопасности пришлось массогабаритными характеристиками аппаратуры подрыва ЭД и необходимостью повышения помехоустойчивости прочей аппаратуры. Логика дальнейшего развития ЭД привела к созданию электромеханических детонаторов, во-

обще не содержащих ВВ, и лазерных детонаторов, инициируемых коротким импульсом оптического излучения.

(Здесь можно провести параллель с аналогичными работами за рубежом. В США при разработке первой атомной бомбы «Fat Man –Толстяк», сброшенной на Нагасаки, вначале также создали электроискровые ЭД синхронного срабатывания. Но вскоре командой Луиса Альвареса, будущего лауреата Нобелевской премии и президента Американского физического общества, были разработаны безопасные ЭД на вторичных ВВ. В первом ядерном заряде Британии, испытанном в 1952 г., уже были безопасные ЭД. То же и в разработках Французского комиссариата по атомной энергии. Так осознание масштабов последствий потенциальных нештатных ситуаций с ядерным оружием привело к новым подходам в технике взрывных работ.)

Безопасность работ, о которых выше шла речь, на практике обеспечивалась инженерными службами во главе с главными инженерами заводов и других подразделений ВНИИЭФ, в которых проводились взрывные работы.

Практическое обеспечение работ в секторе 3 – ИФВ и других подразделениях лежало и лежит на службах внутренних полигонов. В первые годы КБ-11 на должности начальников этих полигонов назначались отслужившие кадровые офицеры саперных войск, имевшие опыт полевых взрывных работ.

Обучение, проверка знаний и стажировка по безопасности специальных взрывных работ ныне обеспечивается опытными взрывниками из числа инженерно-технических и научных сотрудников, для чего существует множество документации, за каждым параграфом которой стоит многолетний опыт специальных взрывных работ. Организацию этого процесса и контроль выполнения требований по безопасности и охране труда ведут непосредственные руководители взрывных работ и инженерные службы – службы обеспечения безопасности труда (охраны труда), входящие в службы главных инженеров предприятий и подразделений.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

М. С. Павленко

ФГКУ «Специальное управление ФПС № 4 МЧС России», г. Саров

В своем докладе я хочу раскрыть основные вопросы обеспечения пожарной безопасности и пути ее достижения на охраняемом объекте Федерального государственного унитарного предприятия Российский федеральный ядерный центр Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики.

Обеспечение пожарной безопасности столь уникального предприятия является главной задачей деятельности ФГКУ «Специальное управление ФПС № 4 МЧС России», созданного в закрытом административно-территориальном образовании – город Саров.

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» является ведущим предприятием Госкорпорации «Росатом» и участвует в программах обеспечения национальной безопасности Российской Федерации. Предприятие обладает уникальными установками и оборудованием, позволяющим разрабатывать и серийно производить ядерные боеприпасы, а также реакторные установки специального назначения и обеспечивать их сопровождение на всех этапах жизненного цикла.

Порядок организации и осуществления профилактики пожаров на объектах, включенных в перечень объектов, критически важных для национальной безопасности страны, других особо важных пожароопасных объектов регламентируется приказом МЧС России от 11.08.2015 № 424 «Об утверждении порядка организации деятельности объектовых и специальных подразделений ФПС ГПС».

Работа по реализации мер пожарной безопасности на объектах защиты ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» строится на основании соглашения о взаимодействии между ФГКУ

«Специальное управление ФПС № 4 МЧС России» и ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», согласно которого стороны, в рамках своей компетенции, подтверждают необходимость совместных действий по обеспечению функций государственного надзора, исполнения законодательства в области пожарной безопасности, осуществления мер, направленных на профилактику и тушение пожаров, проведение аварийно-спасательных и неотложных работ на объектах защиты ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ».

ФГКУ «Специальное управление ФПС № 4 МЧС России» входит в состав городского (объектового) звена территориальной подсистемы единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. На базе ФГКУ «Специальное управление ФПС № 4 МЧС России» создана аэромобильная группировка для ликвидации крупномасштабных чрезвычайных ситуаций и пожаров на территории ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» г. Саров.

С 2017 года и по настоящий момент времени 2022 года обстановка с пожарами, произошедших в организациях Госкорпорации «Росатом», сложилась следующим образом:

- в 2017 году произошло 4 пожара;
- в 2018 году – 3 пожара;
- в 2019 году – 1 пожар;
- в 2020 году – 5 пожаров;
- в 2021 году – 10 пожаров;
- в 2022 году – 8 пожаров.

Основными причинами пожаров, произошедших в организациях Госкорпорации «Росатом» явилось:

- нарушение установленного режима курения;
- аварийный пожароопасный режим работы электрического оборудования;

– нарушение требований пожарной безопасности при проведении работ и эксплуатации электронагревательных приборов.

В свою очередь на охраняемом объекте ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» пожаров и аварий не допущено. Данная статистика показывает о результативной и слаженной работе ФГКУ «Специальное управление ФПС № 4 МЧС России» с руководством и персоналом охраняемого объекта по вопросам обеспечения пожарной безопасности.

Поскольку предупредить пожар – это всегда лучше, чем устранять негативные последствия, одним из наиболее важных направлений пожарной безопасности в соответствии с Федеральным законом от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» является профилактика.

Основным видом деятельности сотрудников групп профилактики пожаров ФГКУ «Специальное управление ФПС № 4 МЧС России» при осуществлении пожарно-профилактической работы на охраняемом объекте ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» является наблюдение за обеспечением требуемого противопожарного режима и соблюдение мер пожарной безопасности в подразделениях охраняемого объекта. Наблюдение за обеспечением требуемого противопожарного режима и соблюдение мер пожарной безопасности в подразделениях ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» осуществляется сотрудниками ГПП СПСЧ согласно дислокации охраняемого объекта в районе выезда СПСЧ.

Для осуществления деятельности, направленной на обеспечение противопожарного режима и реализации мер пожарной безопасности ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» разработаны и согласованы с ФГКУ «Специальное управление ФПС № 4 МЧС России» локальные нормативные документы, в которые вносятся необходимые изменения с учетом актуализации законодательства в области пожарной безопасности.

Сотрудники групп профилактики пожаров осуществляют пожарно-профилактическое обслуживание на территории и объектах защиты охраняемого объекта согласно

разработанных планов противопожарной работы на год, а также в соответствии с планами проведения проверок противопожарного состояния охраняемого объекта на год.

Для целей организации и функционирования систем обеспечения пожарной безопасности в структурных подразделениях ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» инженерно-инспекторский состав ФГКУ «Специальное управление ФПС № 4 МЧС России» совместно с руководителями организаций принимает участие в проведении пожарно-технических комиссий, в проведении мероприятий, связанных с массовым пребыванием людей (в том числе, практических тренировок по эвакуации работников при возникновении пожаров), в приемке рабочих полей испытательных площадок ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» к проведению специальных взрывных работ, осуществляют контроль при подготовке к проведению огневых работ на объектах защиты подразделений ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ».

Также сотрудники групп профилактики пожаров совместно с сотрудниками ФГПН принимают участие в подготовке объектов защиты ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» к эксплуатации в пожароопасный период, при введении особого противопожарного режима, в разработке организационно-распорядительной документации в области пожарной безопасности ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ».

В ходе проведения профилактических мероприятий сотрудники групп профилактики пожаров выявляют нарушения требований пожарной безопасности. В случае, если выявленное нарушение не представляется возможным устранить в течение рабочей смены, сотрудником оформляется предложение об устранении нарушений требований пожарной безопасности с указанием сроков устранения с целью дальнейшего контроля выполнения выявленного нарушения.

В рамках проведения профилактических мероприятий сотрудниками ФГКУ «Специальное управление ФПС № 4 МЧС России»

на постоянной основе проводится противопожарная пропаганда и профилактика правонарушений, информирование и консультирование работников охраняемого объекта в области пожарной безопасности путем размещения наглядной информации на стендах охраняемых объектов, проведение тематических выставок, лекций, бесед, конференций, выступлений на противопожарную тематику транслируемых в радиозэфире охраняемого объекта, спортивных соревнований, экскурсий, конкурсов и других мероприятий.

С целью информирования сотрудниками групп профилактики пожаров ФГКУ «Специальное управление ФПС № 4 МЧС России» в адрес руководителей структурных подразделений направляются информационные письма о внесении изменений, пересмотре и актуализации нормативных правовых актов и нормативных документов в области обеспечения пожарной безопасности, доводят до руководителей охраняемых объектов аналитические материалы, характеризующие их противопожарное состояние объектов.

На основании программы вводного противопожарного инструктажа сотрудниками групп профилактики пожаров проводится вводный инструктаж по мерам безопасности с вновь поступающими работниками в подразделения ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ».

В соответствии с Положением о взаимодействии ФГКУ «Специальное управление ФПС № 4 МЧС России» и ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» при организации и осуществлении пожарно-профилактической работы при срабатывании систем противопожарной защиты создается комиссия по расследованию причин срабатывания СППЗ. По результатам работы комиссии сотрудник группы профилактики пожаров составляет акт расследования срабатывания СППЗ, принимает меры для устранения выявленных нарушений.

Хочется отметить, что ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» на центральном пункте пожарной связи службы пожаротушения ФГКУ

«Специальное управление ФПС № 4 МЧС России» осуществлена установка современного автоматического программного обеспечения – «ОрионПро». «ОрионПро» это пакет программного обеспечения для интегрированной системы охраны «Орион», которая представляет собой совокупность аппаратных и программных средств для организации систем охранно-пожарной сигнализации, контроля доступа, видеонаблюдения, автоматического пожаротушения, предназначена для создания систем контроля и диспетчеризации объектов защиты. Данная система автоматически выводит на экран монитора при срабатывании автоматической пожарной сигнализации на объекте схему этажа здания, где сработала пожарная сигнализация, с указанием конкретного помещения, а также в режиме реального времени позволяет видеть развитие пожара, а это, в свою очередь, значительно повышает оперативность прибытия подразделений пожарной охраны с целью обнаружения в кратчайшие сроки очага пожара. Также данная система позволяет контролировать работоспособность и оперативно выявлять неисправность любых автоматических средств противопожарной защиты с одного рабочего места в круглосуточном режиме позволяя принимать своевременные действия, направленные на устранения данных неисправностей.

На данную систему подключаются вновь строящиеся объекты ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», а также проводится плановая работа по переходу на данную систему с устаревших приемно-контрольных приборов в случае модернизации СППЗ на охраняемом объекте.

В ведении ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» имеется собственный аэродром «Миус» для приёма специальных (в том числе правительственных) авиарейсов. Для обеспечения пожарной безопасности аэродрома построено здание пожарного депо IV типа на 3 (три) автомобиля аэродромного пожаротушения.

В перечне объектов защиты ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», охраняемых ФГКУ «Специальное управление ФПС № 4 МЧС

России», насчитывается 1793 объекта защиты. В соответствии с действующим законодательством все объекты защиты ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» отнесены к определенной категории риска. С учетом отнесения объектов к определенной категории риска ежегодно планируются контрольно-надзорные и профилактические мероприятия в отношении данных объектов. Исходя из отнесения объекта к соответствующей категории риска, устанавливается периодичность проведения контрольно-надзорных и профилактических мероприятий.

Сотрудниками ФГПН совместно с руководителями охраняемого объекта проводятся профилактические визиты на основании ежегодного плана обязательных профилактических мероприятий с целью информирования, консультирования, а также сбора информации необходимой для отнесения объекта к определенной категории риска.

Основные профилактические мероприятия проводятся с учетом складывающейся пожароопасной обстановки на территории Нижегородской области, а именно принимается участие в комиссионных проверках с руководителями охраняемого объекта территорий граничащих с лесом, проверяется устройство минерализованных полос; а также очистка территорий, прилегающих к лесу от сухой травянистой растительности, валежника, порубочных остатков, мусора и других горючих материалов.

В пожароопасный период сотрудниками ФГКУ «Специальное управление ФПС № 4 МЧС России» осуществляется дополнительное патрулирование с объездом лесных кварталов с целью мониторинга пожарной обстановки в лесах.

Ежеквартально ФГКУ «Специальное управление ФПС № 4 МЧС России» совместно с ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» проводятся пожарно-тактические учения по тушению условного очага пожара с отработкой действий персонала при эвакуации. В процессе проведения совместных пожарно-тактических учений отрабатываются навыки по оперативному взаимодействию сил специальных подразделений пожарной охраны и персонала охраняемого объекта, а также изучается специфика технологических процессов и конструктивных особенностей объектов.

В соответствии со ст. 5 Федерального закона от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» организация профилактики и тушения пожаров в закрытых административно-территориальных образованиях, в особо важных и режимных организациях возложена на подразделения федеральной противопожарной службы. Именно с этой целью было создано ФГКУ «Специальное управление ФПС № 4 МЧС России». С момента создания и по сегодняшний день с охраняемым объектом ведется тесное взаимодействие по обеспечению системы пожарной безопасности.

КОНТРОЛЬ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ОРГАНИЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ФГУП «ПО «МАЯК»

А. Е. Дементьева, К. Ю. Мокров

ФГУП «ПО «Маяк», г. Озерск

ФГУП «ПО «Маяк» расположено на севере Челябинской области в районе г. Кыштыма и г. Касли на территории ЗАТО г. Озёрск (рис. 1). В состав ЗАТО г. Озёрск входят населённые пункты: г. Озёрск (население 85 тыс. чел.), пос. Новогорный

(7100 чел.), пос. Метлино (4100 чел.) и др. [1]. Основные производственные подразделения предприятия, работа которых связана с выбросами в атмосферу загрязняющих веществ, расположены на изолированной промышленной площадке (ПП), которая имеет

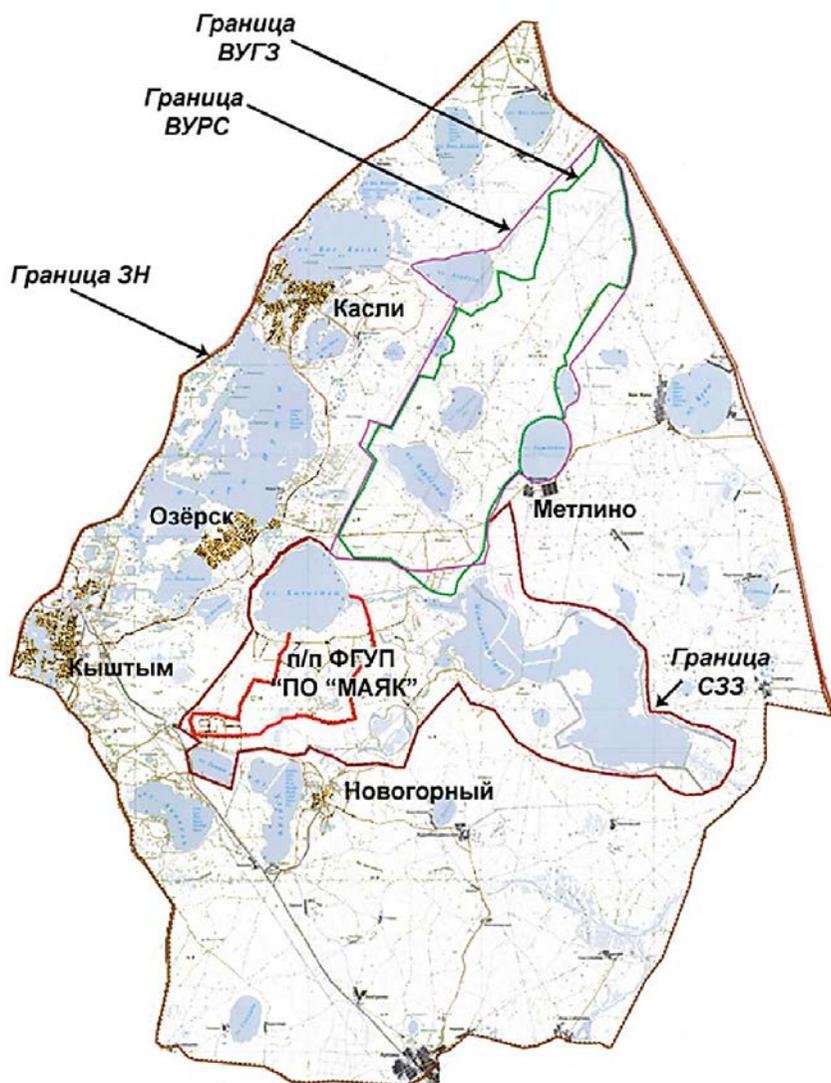


Рис. 1. Карта-схема территории зоны наблюдения ФГУП «ПО «Маяк»

площадь ~250 км². Границы санитарно-защитной зоны (СЗЗ) совпадают с границами ПП, а зона наблюдения (ЗН) имеет площадь ~1800 км².

На предприятии расположены следующие производства атомной промышленности: реакторное, радиохимическое, химико-металлургическое, изотопное, химическое и различные вспомогательные подразделения [1]. В результате их деятельности в атмосферу выбрасывается широкий спектр радионуклидов активационного и осколочного происхождения. Для реакторного производства характерен выброс инертных радиоактивных газов (ИРГ), изотопов йода и нуклидов активационного происхождения (⁵¹Cr, ⁶⁰Co и др.), для химико-металлургического производства – выброс долгоживущих нуклидов группы актиноидов (уран, плутоний и др.), для изотопного и радиохимического производства – выброс изотопов плутония (²³⁸Pu, ²³⁹Pu), стронция (⁹⁰Sr), цезия (¹³⁷Cs) и ряда других нуклидов осколочного происхождения [1].

Таким образом, в условиях совместного выброса нуклидов с различными радиационными характеристиками и большим числом высоких источников может формироваться сложная картина загрязнения прилегающей территории.

В современной системе нормирования выбросов основным параметром является предельно допустимый выброс (ПДВ) [2].

Значение ПДВ определяется на основе совокупного действия всех радионуклидов и ИВ предприятия и для каждого ИВ численно равно выбросу, при котором в «критической точке» (точке с максимальным совокупным дозовым воздействием) годовая доза облучения достигает своего предела с учётом всех путей внешнего и внутреннего облучения.

В работе приведены результаты контроля выбросов радионуклидов в атмосферу из труб предприятия за 2021 г. в сравнении с установленными нормативами ДВ.

Характеристика источников выбросов

В каждом структурном подразделении предприятия, где проводятся работы с радиоактивными веществами (РВ) и/или радиоактивными отходами (РАО), неизбежно образуются источники выделения газообразных радиоактивных отходов, которые после газоочистки подлежат удалению в атмосферу через высокие и/или низкие трубы (источники выбросов) в атмосферный воздух. Параметры ИВ ФГУП «ПО «Маяк» определены и обобщены по итогам инвентаризации, проведённой в 2018 г. (табл. 1) [1]. Для каждого источника задаются его технологические характеристики: объёмный расход и температура выбрасываемой газовой смеси (ГВС), высота и диаметр устья трубы, а также координаты расположения ИВ в локальной системе координат.

Все ИВ предприятия условно разделены на две группы:

1. Высокие (до 150 м) ИВ, зона влияния которых распространяется далеко за пределы ПП предприятия (до 50–100 км);

2. Низкие (на уровне высоты ближайшего здания) ИВ, выбросы которых частично или полностью попадают в зону аэродинамической тени от близлежащих зданий в районе ПП.

Часть высоких и низких ИВ являются многоствольными, т.е. в полости источника большего диаметра расположено несколько источников с меньшими диаметрами. По режиму работы ИВ принято разделять на:

– вентиляционные выбросы непрерывного действия из помещений ПП зоны, которые характеризуются малой объёмной активностью (ОА) при больших валовых объёмах выброса ГВС;

– технологические выбросы (сдувки) периодического действия, которые характеризуются более высокими значениями ОА, но малым расходом ГВС.

На выброс в высокие ИВ, как правило, направляются наиболее мощные технологические сдувки и максимальные по объёму вентиляционные выбросы.

Количество источников выброса радионуклидов в атмосферу в различных подразделениях ФГУП «ПО «Маяк» (2018 г.) [1]

Подразделение	Количество источников выброса	
	Высокие	Низкие
Реакторный завод (РЗ)	4	4
Радиохимический завод (РХЗ)	16	345
Химико-металлургический завод (ХМЗ)	5	22
Радиоизотопный завод (РИЗ)	1	5
Химический завод (ХЗ)	5	–
Служба экологии (СЭ)	–	–
Центральная заводская лаборатория (ЦЗЛ)	–	5
ВСЕГО	31	381

В низкие источники главным образом поступает вентиляционный воздух из помещений II и III зон небольших производственных и административных зданий, складов, отделений хранения продукции, бытовых помещений, санпропускников, спецпрачечных, механических мастерских, сдувок «дыхания» мерного хозяйства. Высота таких источников составляет от 2 до 30 м от уровня земли. Почти все они расположены на крышах корпусов либо выходят с торцевых частей зданий.

Характеристика системы газоочистки

Функционирующая на предприятии современная система газоаэрозольной очистки (СГАО) состоит из нескольких тысяч аппаратов и полностью отвечает передовому научно-техническому уровню не только в стране, но и в мире. Для очистки выбрасываемых в атмосферу газозооных смесей (ГВС) на ФГУП «ПО «Маяк» используются различные технологические процессы и устройства, обеспечивающие гарантиро-

ванное выполнение нормативов очистки (эффективность систем газоаэрозольной очистки достигает 99,999 %):

1. Выдержка радиоактивных газов в газгольдерах высокого и низкого давления для снижения активности короткоживущих изотопов до допустимого уровня;
2. Очистка радиоактивных аэрозолей с использованием фильтрующих установок;
3. Улавливание радиоактивных летучих форм изотопов йода с помощью сорбционных колонн.

Многоступенчатая СГАО основана на использовании различных физико-химических процессов и в зависимости от типа технологических источников выделения и физико-химической формы РН может включать: СОТАР (суперосадитель тонких аэрозолей с регенерацией), ФАРТОС (фильтр аэрозольный регенерируемый тонкой очистки стекловолокнистый), ФАС (фильтр аэрозольный самоочищающийся), ФПА (фильтр Петрянова ацетилцеллюлозный), ФПП (фильтр Петрянова перхлорвиниловый), угольные колонны (УК) и др.

На предприятии проходит постоянная модернизация системы очистки с применением новых, более эффективных моделей фильтров и материалов, которые в соответствии с требованиями федеральных норм и правил не поддерживают горение. Все основные газоочистные аппараты, как правило, дублированы. Выброс в атмосферу очищенного воздуха осуществляется через высокие (до 150 м) трубы (ВТ) после прохождения СГАО. При этом практически все радионуклиды, находящиеся в традиционной аэрозольной форме (с размером частиц более 0,3 мкм), задерживаются системой газоочистки.

Организация системы контроля выбросов

Для определения мощности выброса РВ из ИВ, как правило, используются прямые инструментальные методы с отбором проб ГВС за время от нескольких часов до 10 сут с последующим лабораторным анализом содержания радионуклидов в пробах. Инструментальные методы анализа отобранных проб (спектрометрические, радиометрические) применяются в соответствии с отраслевыми стандартами, руководящими документами и методиками предприятия и используются для всех высоких ИВ, подлежащих постоянному штатному контролю. Для смеси α -излучающих радионуклидов методами радиометрии определяется их суммарная активность без определения радионуклидного состава смеси. При этом, в соответствии с консервативными принципами, вся активность приписывается ^{239}Pu как наиболее радиотоксичному радионуклиду. Если измеряемая в пробе активность γ -излучающих нуклидов ниже предела обнаружения, измеряется скорость счёта β -частиц с последующим приписыванием суммарной активности пробы ^{90}Sr как наиболее радиотоксичному из β -излучающих нуклидов.

С точки зрения оценки дозового воздействия выбросов на население прилегающих районов такой учёт суммарной активности

α -, β -излучателей носит консервативный (завышенный) характер. Однако для оперативного контроля работы технологического оборудования газоочистных систем существующая система вполне себя оправдывает как с методической стороны, так и с точки зрения измерений.

Объёмная активность инертных радиоактивных газов (ИРГ) на РЗ определяется как в статическом режиме работы (методами у-спектрометрии путём измерения проб газа, отбираемых в кюветы), так и в динамическом режиме с помощью ионизационных камер проточного типа.

Расчётный метод используется на РХЗ для определения мощности выброса трития и ^{85}Kr , выделяющихся при растворении облучённого ядерного топлива.

Система контроля выбросов (СКВ) РН в атмосферу предназначена для:

1. Контроля соблюдения нормативов ПДВ и ДВ;
2. Обнаружения источников повышенных и аварийных выбросов;
3. Контроля работы технологического оборудования и СГАО; контроля загрязнения ПСА на территории ПП и зоны наблюдения (ЗН);
4. Оценки опасности аварийных выбросов РВ для населения и объектов окружающей среды (ОС).

Конечной целью контроля загрязнения ОС является уменьшение ущерба здоровью людей и биоте. Система контроля соблюдения нормативов ПДВ и ДВ на ПО «Маяк» включает:

5. Непрерывный контроль выбросов РВ в атмосферу на всех высоких и дающих максимальный вклад в суммарную мощность выброса низких источниках;
6. Периодический контроль выбросов РВ из маломощных низких источников;
7. Инспекционный контроль выбросов РВ в рамках специальных программ и исследовательских работ;
8. Постоянный контроль содержания РВ в воздухе рабочей зоны производственных

помещений, из которых примесь по системам вентиляции поступает в атмосферу;

9. Постоянный контроль уровня загрязнения ПСА с непрерывным отбором проб воздуха и с последующим определением ОА радиоактивных аэрозолей на территории всех основных подразделений ФГУП «ПО «Маяк» с использованием стационарных воздухозаборных установок;

10. Постоянный контроль уровня загрязнения ПСА с непрерывным отбором проб воздуха и последующим определением ОА радиоактивных аэрозолей в пунктах контроля на территории ПП (СЗЗ) и в ЗН с использованием конусов (индикаторный метод);

11. Постоянный контроль выпадений (отложений на почву) радиоактивных аэрозолей на территории каждого подразделения, а также в СЗЗ и ЗН с использованием планшетов и сравнение результатов с установленными административными пределами;

12. Периодический и инспекционный контроль состояния ПСА на территории ПП (СЗЗ) и в ЗН с использованием передвижных постов контроля;

13. Постоянный контроль выбросов с использованием объектовых автоматизированных систем контроля технологических процессов.

Например, на РХЗ для контроля технологических параметров газоочистных систем, систем вентиляции воздуха и выбросов радионуклидов в атмосферу используют двухуровневую систему контроля:

а) Технологический оперативный контроль осуществляется в реальном режиме времени с использованием автоматизированной системы радиационного контроля МАИС, которая предусматривает проведение относительных интегральных измерений активности (скорости счёта) суммы α -, β - и γ -излучающих нуклидов, накопленной на аналитическом аэрозольном фильтре (АФ) с помощью устройств детектирования. Альфа-, β - и γ -частицы, испускаемые радионукли-

дами, накопленными на фильтре, регистрируются специальными детекторами, преобразуются в импульсы тока, а информация о скорости счёта передаётся в автоматизированную систему. Далее информация обрабатывается и поступает на верхний уровень системы (автоматизированное рабочее место оператора). Вся информация накапливается в компьютерной базе данных (архивируется) и может быть представлена в виде таблиц, графиков и диаграмм.

б) Штатный контроль выбросов предусматривает непрерывный отбор из контролируемого воздушного потока небольшой части объёма воздуха через специальную пробоотборную трубку (систему), накопление радиоактивных аэрозолей на АФ, периодическую замену фильтра, проведение в лабораторных условиях спектрометрических измерений активности отдельных радионуклидов, накопленных на АФ, и расчёт значений интегральных выбросов за время экспозиции фильтра.

Нормирование выбросов

По результатам инвентаризации ИВ было показано [1], что на ФГУП «ПО «Маяк» действует 31 высокий источник выбросов, откуда в атмосферу поступает 28 радионуклидов, и 381 низкий источник выбросов, через которые в атмосферу поступает 9 радионуклидов. Показано, что для высоких ИВ наибольший вклад по выбрасываемой активности практически по всем нуклидам вносит РХЗ [3]. Обоснование нормативов ПДВ проведено по критерию годовой индивидуальной эффективной дозы (ЭД). Дополнительно выполнена оценка значений эквивалентных доз на отдельные критические органы (поверхность кожи, хрусталик глаза, кисти рук и стопы), показана справедливость подхода к обоснованию нормативов ПДВ на основе годовой ЭД. Установлены сопряжённые нормативы (ДВ) и административные пределы – контрольный уровень выброса (КУВ) [3].

В соответствии с методикой [2], ПДВ устанавливаются для каждого ИВ организации, суммарный выброс которого создаёт без учёта рассеивания в атмосфере ЭД более 10 мкЗв, и для всех радионуклидов, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны ОС, суммарный вклад которых в годовую ЭД облучения лиц из критической группы населения, создаваемую выбросом этого источника, составляет не менее 99 %. В рамках обоснования нормативов ПДВ на предприятии выполнена проверка данных условий и показана необходимость нормирования выбросов из всех высоких источников. Перечень нуклидов, подлежащих нормированию и контролю, представлен в табл. 2. Остальные нуклиды, чей относительный вклад в полную ЭД облучения населения составляет менее 1 %, подпадают под условия отсутствия необходимости установления нормативов ПДВ и, соответственно, освобождения от осуществления производственного контроля.

Значения ДВ устанавливаются для каждого нуклида:

1. От двух до десяти раз ниже соответствующих ПДВ для высокого ИВ;
2. От 10 до 1000 раз ниже соответствующих ПДВ для низкого ИВ.

Для обеспечения условий, при которых радиационное воздействие от выбросов будет гарантированно ниже допустимого, и для оперативного реагирования на изменение радиационной обстановки на предприятии утверждаются административные пределы (КУВ). Значения КУВ устанавливаются с учётом уже достигнутого уровня радиационного воздействия на предприятии, эффективности мероприятий по улучшению радиационной обстановки и результатов радиационного контроля, включая данные о динамике выбросов с учётом их неравномерности во времени, об условиях работы, о состоянии ПСА и подстилающей поверхности, других объектов ОС.

В пределах установленных КУВ администрацией предприятия и отдельного

Таблица 2

*Выбросы РВ из труб ФГУП «ПО «Маяк» за 2019–2021 гг.
в сравнении с нормативами ДВ, Бк/год*

Радионуклид	ДВ, Бк	Годовой выброс РВ, Бк		
		2019 г.	2020 г.	2021 г.
^3H	$1,90 \cdot 10^{16}$	$1,53 \cdot 10^{15}$	$1,47 \cdot 10^{15}$	$1,27 \cdot 10^{15}$
^{41}Ar	$5,83 \cdot 10^{14}$	$2,38 \cdot 10^{13}$	$2,69 \cdot 10^{13}$	$2,81 \cdot 10^{13}$
^{85}Kr	$4,07 \cdot 10^{17}$	$4,10 \cdot 10^{16}$	$4,20 \cdot 10^{16}$	$4,19 \cdot 10^{16}$
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	$2,19 \cdot 10^{14}$	0	0	$1,80 \cdot 10^{11}$
^{133}Xe	$4,66 \cdot 10^{14}$	0	$1,44 \cdot 10^{11}$	$2,00 \cdot 10^{12}$
^{135}Xe	$3,21 \cdot 10^{14}$	$2,62 \cdot 10^{12}$	$2,91 \cdot 10^{12}$	$6,79 \cdot 10^{12}$
^{60}Co	$6,96 \cdot 10^8$	$7,13 \cdot 10^5$	$2,79 \cdot 10^5$	$1,47 \cdot 10^5$
^{90}Sr	$9,55 \cdot 10^{10}$	$3,56 \cdot 10^8$	$4,08 \cdot 10^8$	$3,56 \cdot 10^8$
^{95}Zr	$1,09 \cdot 10^9$	$6,52 \cdot 10^5$	$3,08 \cdot 10^5$	$5,30 \cdot 10^6$
^{95}Nb	$4,45 \cdot 10^8$	$6,52 \cdot 10^5$	$3,08 \cdot 10^5$	$5,30 \cdot 10^6$

Радионуклид	ДВ, Бк	Годовой выброс РВ, Бк		
		2019 г.	2020 г.	2021 г.
^{106}Ru	$4,05 \cdot 10^{10}$	$6,79 \cdot 10^8$	$6,96 \cdot 10^8$	$1,77 \cdot 10^8$
^{125}Sb	$3,48 \cdot 10^9$	$4,66 \cdot 10^7$	$2,27 \cdot 10^7$	$2,26 \cdot 10^7$
^{131}I	$7,48 \cdot 10^{11}$	$6,86 \cdot 10^7$	$4,58 \cdot 10^7$	$5,67 \cdot 10^7$
^{134}Cs	$1,08 \cdot 10^{10}$	$3,61 \cdot 10^7$	$4,56 \cdot 10^7$	$5,67 \cdot 10^7$
^{137}Cs	$6,83 \cdot 10^{10}$	$9,19 \cdot 10^8$	$1,46 \cdot 10^9$	$1,42 \cdot 10^9$
^{144}Ce	$1,36 \cdot 10^{10}$	$2,72 \cdot 10^7$	$1,26 \cdot 10^8$	$1,74 \cdot 10^8$
^{129}I	$4,79 \cdot 10^{11}$	$2,58 \cdot 10^{10}$	$3,49 \cdot 10^{10}$	$5,12 \cdot 10^{10}$
$^{239}\text{Pu}^*$	$1,03 \cdot 10^{10}$	$7,41 \cdot 10^8$	$5,44 \cdot 10^8$	$5,23 \cdot 10^8$

Примечание. * Сумма α -излучающих радионуклидов

структурного подразделения могут устанавливаться эксплуатационные КУВ (для отдельных источников и/или их совокупности): годовые, месячные, декадные, суточные, исходя из изложенных выше принципов, с учётом текущего уровня выбросов для отслеживания работы производства, в соответствии с регламентом, предотвращения нештатных ситуаций и оперативного реагирования на их возникновение.

Результаты контроля выбросов

В табл. 2 приведены результаты контроля выбросов РВ в атмосферу в 2021 г. в сравнении с установленным допустимым выбросом (ДВ) и выбросами за 2019 и 2020 гг.

Из табл. 2 видно, что годовые выбросы РВ не превышают установленных для предприятия нормативов ДВ и находятся на среднемноголетнем уровне.

В работе [3] было показано:

1. Дозовое воздействие на население прилегающих к предприятию населённых пунктов от текущих выбросов РН в атмосферу не превышает:

– 1,2 % от ПД для населения на внешней границе ПП (СЗЗ) предприятия;

– 0,46 % от ПД для населения в пос. Новогорный;

– 0,30 % от ПД для населения пос. Метлино, пос. № 2, пос. Сарыкульмяк, пос. Худайбердинск, пос. Башакуль;

– 0,20 % от ПД для населения г. Озёрска, пос. Большой Куяш, пос. Аргаяш;

– 0,10 % от ПД для населения г. Кыштыма и г. Касли.

2. Выбросы РВ из всех низких источников заводов ФГУП «ПО «Маяк» (даже при условии постоянного пребывания персонала в «критической точке») не создают дозовых нагрузок, превышающих ПД для персонала.

3. Дозовое воздействие на население от текущих выбросов РН в атмосферу из низких источников ЦЗЛ (территориально расположенной на локальной ПП в центральной части г. Озёрска), не превышает $1 \cdot 10^{-7}$ % от ПД для населения.

Выводы

1. Приведена краткая характеристика действующей на ФГУП «ПО «Маяк» системы газоаэрозольной очистки и системы контроля выбросов радиоактивных веществ в атмосферу по результатам инвентаризации (2018 г.) всех организованных источников выброса (труб) предприятия.

2. Приведены результаты расчёта нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферу, и оценены максимально возможные значения эффективной дозы облучения персонала и населения от текущих регламентных выбросов. Расчёты выполнены при использовании ряда консервативных (завышающих конечный результат) предположений для районов с максимальной приземной концентрацией, при наихудших метеорологических параметрах атмосферы.

3. Показано, что даже при всех консервативных предположениях, максимальная эффективная доза облучения населения от выбросов пренебрежимо мала и не превышает ~5 мкЗв/год (0,5 % от ПД для населения).

4. Показано, что в 2021 г. выбросы всех радионуклидов в атмосферу были на уровне предыдущих лет, существенно ниже установленных значений допустимых выбросов, и практически не влияли на радиационную обстановку в районе расположения предприятия.

Список литературы

1. Результаты инвентаризации источников выбросов радиоактивных веществ в атмосферу на ФГУП «ПО «Маяк» за 2017 год: Отчёт / ФГУП «ПО «Маяк»; Исп. Д. А. Берегич, К. Ю. Мокров. – Озёрск, 2018. – 101 с.

2. Методика разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух. Утв. приказом Ростехнадзора от 07.11.2012 № 639. Зарег. в Минюсте РФ 18.01.2013 № 26595. Вступил в силу 12.04.2013. Офиц. текст: по сост. на 01.06.2019. – М-во юстиции России, 2019.

3. Обоснование нормативов предельно допустимых выбросов радионуклидов в атмосферный воздух из источников ФГУП «ПО «Маяк» на период с 01.01.2020 по 31.12.2026. (Проект нормативов), Пояснительная записка, Исп. Д. А. Берегич, И. И. Тепляков, К. Ю. Мокров. – Озёрск, 2019. – 101 с.

ЛИЦЕНЗИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ОБРАЩЕНИЮ С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ НА ФГУП «ПО «МАЯК»

В. А. Балакина

ФГУП «ПО «МАЯК»

Актуальность темы лицензирования для Федерального государственного унитарного предприятия «Производственное объединение «Маяк» (далее – ФГУП «ПО «Маяк») обусловлена значительным количеством образования отходов I–IV классов опасности и необходимости обращения с ними в соответствии с действующим законодательством. Обращение с отходами на сегодняшний день является одной из самых глобальных и сложных проблем в экологии.

Отходы производства и потребления (далее – отходы) – вещества или предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению в соответствии с Федеральным законом от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления». [2, с. 1]

Отходы в своем составе могут содержать токсичные компоненты в опасных концентрациях, возбудителей инфекционных и паразитарных заболеваний, радиоактивные вещества и многое другое. В частности, на ФГУП «ПО «Маяк» образуются ртутьсодержащие отходы I класса опасности.

В статье 42 Конституции Российской Федерации закреплено право граждан на благоприятную окружающую среду, следовательно, в обязанность государства и предприятия входит поддержание окружающей среды в благоприятном состоянии. [1, с.11]

Деятельность по обращению с отходами I–IV классов опасности подлежит лицензированию. В настоящее время основной це-

лью обращения с отходами является предотвращение их вредного воздействия на здоровье человека и окружающую природную среду. Посредством лицензирования отдельных видов деятельности ФГУП «ПО «Маяк», представляющих потенциальную опасность для человека, обеспечивается санитарно-эпидемиологическое благополучие населения. Лицензирование отдельных видов деятельности осуществляется в целях предотвращения ущерба правам, законным интересам, жизни или здоровью граждан, окружающей среде, объектам культурного наследия (памятникам истории и культуры) народов Российской Федерации, обороне и безопасности государства, возможность нанесения которого связана с осуществлением юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями отдельных видов деятельности.

Лицензируемый вид деятельности – вид деятельности, на осуществление которого на территории Российской Федерации и на иных территориях, над которыми Российская Федерация осуществляет юрисдикцию в соответствии с законодательством Российской Федерации и нормами международного права, требуется получение лицензии в соответствующих сферах деятельности. Перечень видов деятельности указан в статье 12 Закона № 99-ФЗ. [3, с. 21].

Лицензирование деятельности по обращению с отходами осуществляется Федеральной службой по надзору в сфере природопользования (далее – Росприроднадзор).

К лицензионным требованиям относятся:

1. Наличие у лицензиата на праве собственности или ином законом основании строений, зданий, сооружений, помещений для выполнения заявленных работ.

2. Наличие у лицензиата на праве собственности и ином законом основании оборудования и установок (в том числе и специального оборудования) для выполнения заявленных работ.

3. Наличие у лицензиата заключенных трудовых договоров с работниками на осуществление деятельности в сфере обращения с отходами, профессиональной подготовки, которая подтверждается свидетельствами (сертификатами) на право работы с отходами.

4. Наличие у лицензиата ответственного за допуск работников к работе с отходами должностного лица.

5. Наличие в сфере обращения с отходами системы производственного контроля у лицензиата.

6. Проведение на территориях объектов размещения отходов и в пределах их воздействия на окружающую среду мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды.

7. Извлечение ценных веществ, попадающих в отходы после технологического процесса, из отходов перед их захоронением.

На предприятии имеется полигон для размещения отходов IV–V классов опасности:

1. Полигон включен в государственный реестр объектов размещения отходов (ГРОРО).

2. Проект полигона имеет положительное заключение государственной экологической экспертизы.

3. Имеются документы, подтверждающие наличие в собственности предприятия зданий, строений, сооружений, помещений для осуществления лицензионного вида работ.

4. На предприятии разработана инструкция по эксплуатации полигона, которая прошла обязательное согласование с Межрегиональным управлением № 71 ФМБА России.

5. На полигоне соблюдаются противопожарные и санитарно-эпидемиологические требования.

На ФГУП «ПО «Маяк» соблюдаются все лицензионные требования к сбору, транспортированию и размещению отходов I–IV классов опасности.

Лицензия на осуществление деятельности по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов I–IV классов опасности является общей для ФГУП «ПО «Маяк» и филиала ФГУП «ПО «Маяк» – «Базальт». Виды отходов и осуществляемая над ними деятельность различны. В соответствии с Административным регламентом Росприроднадзора переоформление лицензии на основании заявления осуществляет территориальные органы Росприроднадзора: Уральское межрегиональное управление Росприроднадзора для ФГУП «ПО «Маяк» и Межрегиональное управление Росприроднадзора по Саратовской и Пензенской областям для филиала ФГУП «ПО «Маяк» – «Базальт» соответственно. В случае, если изменения для внесения в реестр лицензий имеются у обоих объектов, услугу по переоформлению лицензии предоставляет Центральный аппарат.

В 2021 году на предприятии был разработан и выполнен план организационно-технических мероприятий переоформления лицензии в связи с задачей включить в лицензию новые виды работ по транспортированию отходов I–II классов опасности.

Переоформление лицензии – длительный процесс, включающий несколько этапов:

1. Проведение на предприятии инвентаризации отходов. Инвентаризация отходов проводится структурными подразделениями не реже одного раза в пять лет с целью разработки нормативов образования отходов, организации первичного учета отходов и системы раздельного сбора отходов, разработки мероприятий по предотвращению или снижению количества образования отходов. В случае изменения видов деятельности

предприятия или его структурного подразделения инвентаризация проводится досрочно. В ходе инвентаризационного обследования, помимо прочего, проводится выявление веществ, материалов и изделий, утративших потребительские свойства (в том числе с истекшим сроком годности, не востребованных в производстве, списанных или подлежащих списанию), выявление веществ, материалов и изделий, перешедших в отходы, определение наименований образующихся отходов по технологическим процессам. По результатам инвентаризации в каждом структурном подразделении определяют перечень отходов, подлежащих паспортизации.

2. Паспортизация отходов. Паспорт отходов I – IV классов опасности (далее – паспорт отходов) представляет собой документ, удостоверяющий принадлежность отходов к отходам соответствующего вида и класса опасности и содержащий сведения об их составе. При паспортизации отходов I–IV классов опасности составляются паспорта отходов, включенных в Федеральный классификационный каталог отходов (далее – ФККО), и паспорта отходов, не включенных в ФККО. ФККО представляет собой справочный материал, который содержит перечень разных видов отходов.

Разработанные паспорта отходов заверяются генеральным директором предприятия и не требуют согласования с Росприроднадзором.

3. Получение санитарно-эпидемиологического заключения. Для получения или переоформления лицензии для работ по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов I–IV классов опасности в составе прочих документов необходимо предоставить реквизиты санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии санитарным правилам зданий, строений, сооружений, помещений, оборудования, которые планируется использовать для выполнения заявленных работ, составляющих лицензируемый вид деятельности. Данное заключение выдается в срок,

не превышающий 30 календарных дней, Межрегиональным Управлением ФМБА России по заявлению при предоставлении экспертного заключения аккредитованного органа инспекции. Аккредитованный орган инспекции рассматривает материалы обоснования заявителя, после чего выдает экспертное заключение. Рассмотрение материалов обоснования может занять до 45 календарных дней.

4. Документарная проверка. С целью проведения документарной проверки в Росприроднадзор направляются заявительные документы и оригинал действующей лицензии.

Переоформление лицензии осуществляется в срок, не превышающий 30 рабочих дней со дня поступления в Росприроднадзор заявления о переоформлении лицензии и в полном объеме прилагаемых к нему документов. В течение данного отрезка времени Росприроднадзор фиксирует нарушения, которые ФГУП «ПО «Маяк» обязан устранить в течение 30 дней. После проведения документарной проверки от Росприроднадзора в адрес ФГУП «ПО «Маяк» направляется акт проверки.

5. Внеплановая выездная проверка. После направления акта проверки на предприятие со стороны Росприроднадзора назначаются члены комиссии – эксперты, которые должны провести выездную проверку. Посредством телефона и электронной почты с экспертами устанавливается связь и организуется проверка.

По завершении внеплановой выездной проверки экспертами Росприроднадзора составляется акт проверки.

6. Переоформление лицензии. В случае принятия лицензирующим органом решения о предоставлении (переоформлении) лицензии исполнитель Росприроднадзора оформляет лицензию одновременно с приказом о предоставлении (переоформлении) лицензии.

Неотъемлемой частью лицензии является перечень отходов I–IV классов опасности, с которыми разрешается осуществлять

деятельность в соответствии с конкретными видами обращения отходов I–IV классов опасности, из числа включенных в название лицензируемого вида деятельности.

В течение трех рабочих дней со дня внесения записи в реестр лицензий о переоформлении лицензии исполнитель структурного подразделения, ответственного за предоставление государственной услуги, готовит уведомление о предоставлении лицензии или уведомление о переоформлении лицензии по выбору Заявителя на бумажном носителе или в форме электронного документа, подписанного усиленной квалифицированной электронной подписью уполномоченного лица Росприроднадзора (территориального органа Росприроднадзора).

Информация о предоставлении (переоформлении) лицензии вносится исполнителем Росприроднадзора в реестр лицензий на сайте Росприроднадзора в течение 1 рабочего дня со дня подписания лицензии (переоформленной лицензии).

Список литературы

1. Конституция Российской Федерации: принята всенародным голосованием 12.12.1993 (с учетом поправок, внесенных Законами Российской Федерации о поправках к Конституции Российской Федерации от 30.12.2008 № 6-ФКЗ, от 30.12.2008 № 7-ФКЗ, от 05.02.2014 № 2-ФКЗ, от 21.07.2014 № 11-ФКЗ) // Собрание законодательства Российской Федерации – 04.08.2014. – № 31. – Ст. 4398.
2. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», официальный текст по состоянию на 01.03.2022 // Российская газета. – № 121. – 30.06.1998.
3. Федеральный закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности», официальный текст по состоянию на 01.03.2022 // Российская газета. – № 97. – 06.05.2011.

УСТАНОВКА ОЧИСТКИ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ ОТ ТРИТИЯ

*О. А. Тивикова, А. А. Юхимчук, И. П. Максимкин, В. В. Балугев, Е. В. Буряк,
Р. К. Мусяев, А. А. Кирдяшкин, А. В. Рыжухина, В. М. Першина*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров

При проведении работ с тритием одним из основных является вопрос обеспечения безопасности: существует необходимость очистки рабочей газовой среды (воздух или инертный газ) от трития и поддержания общего радиационного фона в пределах регламентированной нормы. В РФЯЦ-ВНИИЭФ для этого разработан ряд специализированных установок, основанных на принципе накопления трития и тритиевой воды на специальных сорбентах.

В докладе представлены принципиальная схема установки очистки газовой среды от трития и ее конструкция. Описаны принципы работы отдельных узлов, приведены основные технические характеристики, полученные в ходе испытаний одной из установок.

Введение

В настоящее время в области ядерных и термоядерных исследований всё большую актуальность приобретают экспериментальные работы, связанные с использованием трития. При проведении работ с ним требуется соблюдение норм радиационной безопасности: существует необходимость очистки рабочей газовой среды (воздух или инертный газ) от трития и поддержания общего радиационного фона в пределах регламентированной нормы [1].

В настоящей работе рассмотрены конструкция и принципиальная схема установки очистки газовой среды от трития, разработанной в РФЯЦ-ВНИИЭФ, описаны принципы работы отдельных узлов установки, а также приведены основные технические

характеристики, полученные в ходе испытаний одной из таких установок очистки, включенной в состав специализированной инфраструктуры исследовательского комплекса «Фабрика мишеней» экспериментальной установки лазерного термоядерного синтеза [2].

Принцип работы установки очистки газовой среды от трития

Установка очистки газовой среды от трития представляет собой типичную проточную систему с последовательно расположенными в ней функциональными элементами [3]: конвертером, теплообменником, адсорбером и побудителем потока (воздуходувкой). Разработанная установка газоочистки предназначена для поддержания объемной активности (ОА) трития в газовой среде до уровня не более $3,7 \cdot 10^7$ Бк/м³; по водяному пару – не более 10 ppm. Принципиальная газовакуумная схема установки, представленная на рис. 1, аналогична системе газоочистки установки «ТРИТОН» [4,5], разработанной ранее для ЛЯП ОИЯИ (г. Дубна).

Принцип работы установки рассмотрим на примере очистки рабочей среды бокса. При обнаружении трития в коммуникациях бокса (т.е. при возникновении утечки трития в среду бокса) на систему контроля и управления исследовательским комплексом поступает сигнал, запускающий циркуляцию среды бокса через блок газоочистки. При этом циркулирующий поток газа проходит через конвертеры К1–К2, заполненные реагентом (или катализатором) при высокой температуре (до 400 °С), на которых происходит процесс окисления трития до формы

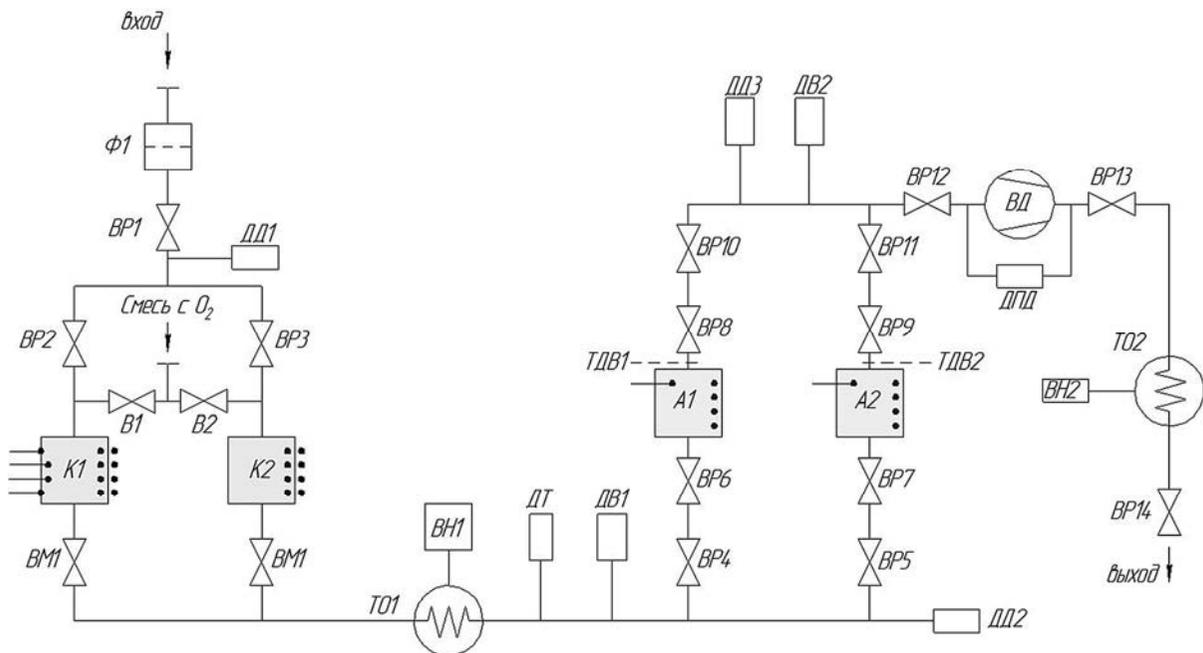


Рис. 1. Принципиальная газовакуумная схема.

BP1, BP12–BP14 – вентили ручные с фланцами DN50; BP2–BP11 – вентили ручные с фланцами DN40; B1–B2 – вентили ручные с цанговыми соединениями; BM1–BM2 – вентили цельнометаллические ручные с фланцами DN40; TO1–TO2 – воздушные теплообменники; ВН1–ВН2 – вентиляторы для теплообменников; А1–А2 – адсорберы с молекулярным ситом на основе цеолита; ВД – воздуходувка; ДВ1–ДВ2 – датчики влажности газа; ДД1–ДД3 – датчики давления; ДДД – дифференциальный датчик давления; К1–К2 – конвертеры с реагентом/катализатором и нагревателем; ДТ – температурный датчик; ТДВ1–ТДВ2 – тензодатчики веса; Φ1 – газовый фильтр с фланцем DN50

НТО. Пройдя через конвертеры, газовый поток охлаждается с помощью теплообменника TO1 и поступает на адсорберы А1–А2, где происходит поглощение влаги, включая НТО, на молекулярном сите (цеолит). Затем очищенная газовая среда прокачивается воздуходувкой ВД и дополнительно охлаждается с помощью выходного теплообменника TO2. Циркуляция газового потока продолжается до тех пор, пока ОА трития в газовой среде бокса (или на выходе из газоочистки) не снизится до требуемого безопасного уровня. После очистки газовой среды следует переключить циркуляцию среды бокса в штатный режим минуя объем газоочистки, а сама установка газоочистки переходит в так называемый байпасный режим (режим «stand-by»).

Газовые коммуникации, соединяющие последовательно один конвертер и один ад-

сорбер через теплообменник, образуют линию очистки. В состав установки входят две линии очистки, соединенные параллельно. Вторая линия (резервная) используется в том случае, когда эффективность первой линии недостаточна или когда первая линия выведена из эксплуатации для проведения её технического обслуживания. В случае работы двух адсорберов параллельно, скорость очистки увеличивается, однако эффективность использования адсорберов снижается. Поэтому при работе с тритием рекомендуется использовать сначала одну линию, чтобы максимально насытить в адсорбере цеолит влагой с примесью НТО при более высокой ОА трития в потоке газа, а затем использовать вторую линию очистки с более «чистым» адсорбером, для того чтобы снизить ОА очищаемой газовой среды до требуемого уровня.

Основные технические характеристики и параметры установки приведены в табл. 1.

Технические характеристики и параметры установки очистки газовой среды от трития

Наименование характеристики и единица измерения	Значение
Газовая среда	Воздух, азот, аргон
Рабочий диапазон давлений газовой среды в коммуникациях Па (мбар)	от –100 до –5000 (от –1 до –50)
Уровень очистки (ОА) трития при установке новых адсорберов, Бк/м ³ , не более	3,7·10 ⁷
Масса катализатора в одном конвертере газоочистки, кг	не менее 12,5
Масса молекулярного сита (цеолита) в одном адсорбере газоочистки, кг	не менее 15
Количество конвертеров, шт.	2
Количество адсорберов, шт.	2
Диапазон рабочих температур конвертора, °С	250–400
Напряжение питания, В	220
Частота электрической сети, Гц	50
Суммарная мощность нагревателей 2-х конвертеров, кВт	10
Максимальная мощность воздуходувки, кВт	2,2
Максимальная скорость газового потока, м ³ /час	120
Габариты блока газоочистки (высота, ширина, глубина), мм	2155×1200×795
Масса блока газоочистки, кг	1400

Состав установки очистки газовой среды от трития

Внешний вид установки очистки газовой среды от трития представлен на рис. 2. Установка включает в себя следующие основные части:

- два конвертера, заполненные гранулированным реагентом или катализатором;
- два адсорбера, заполненные гранулированным цеолитом (молекулярное сито);
- основной теплообменник;
- побудитель потока (воздуходувка);
- выходной теплообменник;
- автоматизированную систему контроля и управления (АСКУ).

Составные части установки и связывающие их коммуникации размещены на верхнем и нижнем уровнях каркасного металлического шкафа. На верхнем уровне шкафа

установлены два конвертера, которые располагаются вертикально и симметрично относительно центра, а также теплообменники необходимые для охлаждения газовой среды после конвертера и побудителя потока. На нижнем уровне установлены по центру побудитель потока – воздуходувка, размещенная в герметичном кожухе, а по бокам два адсорбера.

Блок АСКУ установлен в отдельном металлическом коробе (не показан на рис. 2): регистрирует и контролирует температуру нагревателей конвертеров, давление и влажность газовой среды вдоль линий очистки и состояние побудителя потока (воздуходувки). Настройка значений параметров АСКУ и дистанционное управление входящим в состав газоочистки оборудованием, как показано в работе [6], осуществляется

Устройство и работа конвертера

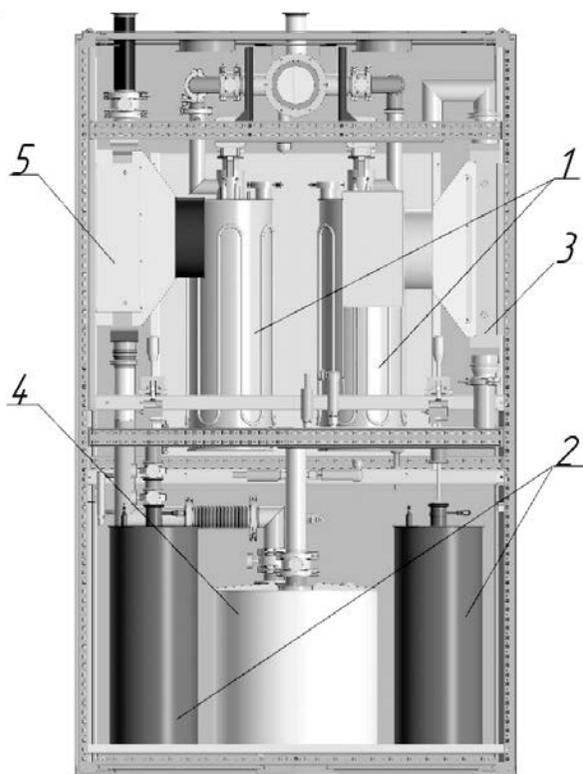


Рис. 2. Основные составные части установки очистки газовой среды от трития: 1 – конвертер; 2 – адсорбер; 3 – теплообменник; 4 – воздуходувка; 5 – выходной теплообменник

оператором с помощью мнемосхемы на управляющем компьютере.

Устройства для измерения ОА трития газовой среды (радиометры трития на базе проточных ионизационных камер), не входящие в состав газоочистки, обычно подключаются на выходе установки через байпасные коммуникации. На основании измеренных показаний ОА трития в газовой среде, в совокупности с другими показаниями (влажность, давление, температура), интегрированная в исследовательский комплекс АСКУ посредством предупреждений, сообщений и блокировок может управлять (автоматически или через оператора) параметрами работы газоочистки.

Конвертер выполнен из нержавеющей стали и представляет собой герметичный цилиндрический корпус (см. рис. 3), заполненный гранулами реагента (например, CuO) или катализатора (например, палладиевый АПН (1%-Pd) с размерами гранул от 3 до 5 мм).

Для создания равномерной по объему рабочей температуры в корпусе конвертера размещены два нагревателя (мощностью по 2,5 кВт): внутренний нагреватель, имеющий вид спирали, и дополнительный внешний нагреватель, припаянный к наружной стенке корпуса конвертера. Для контроля и регулировки температуры разогрева в состав конвертера также входят две герметичные металлические трубки-капилляры с установленными в них термодатчиками (капиллярными термопарами), одна из которых погружена в наполнитель (гранулы реагента/катализатора), а вторая установлена снаружи корпуса конвертера. В зависимости от типа наполнителя (реагент или катализатор) температура разогрева конвертера может изменяться от 250 °С до 280 °С (для реагента CuO) и от 350 °С до 400 °С (для палладиевого катализатора). Максимальная температура разогрева конвертера не может превышать 450 °С (срабатывает блокировка от АСКУ).

Вдоль оси конвертера коаксиально размещены его газовые коммуникации (выходные трубопроводы во входных), конструктивно выполненные таким образом, чтобы при наличии потоков газовой среды происходил эффективный теплообмен между стенками трубопроводов. Засыпка реагента/катализатора в виде гранул осуществляется через специальный фланец (DN25), размещенный сверху, который герметизируется заглушкой с алюминиевой прокладкой.

Фланцы, штуцеры и разъемы, включая электроконтакты нагревателей и термопар, выведены на верхний фланец корпуса конвертера, где производится их соединение и стыковка. Остальные стенки и низ корпуса

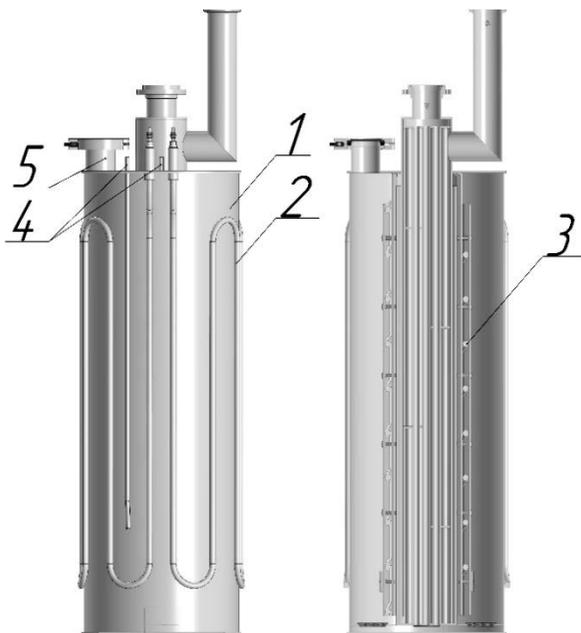


Рис. 3. Основные составные части конвертера:
 1 – камера герметичная; 2 – внешний нагреватель;
 3 – внутренний спиральный нагреватель;
 4 – корпус термопары; 5 – фланец для засыпки наполнителя

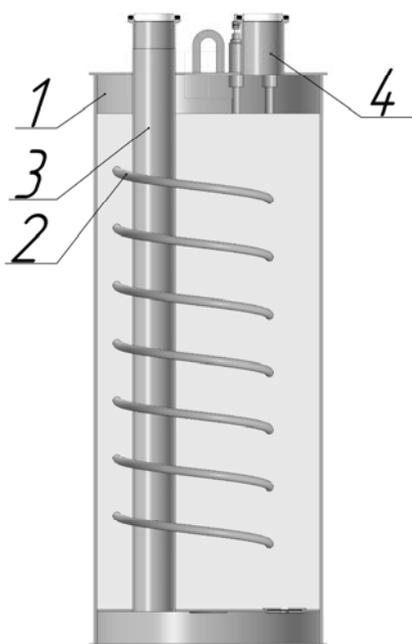


Рис. 4. Основные составные части многоразового адсорбера: 1 – камера герметичная; 2 – нагреватель; 3 – входной трубопровод; 4 – выходной патрубок

теплоизолируются. Герметизация соединений выходного патрубка, имеющего высокую температуру стенок за счет конвективного переноса тепла в потоке газа, также осуществляется с использованием медной или алюминиевой прокладки.

Газовая смесь, поступающая через входной штуцер конвертера, попадает в центральный трубопровод и сначала проходит вниз, через «лабиринт» огибающую систему выходных трубок, играющих роль теплообменника, а затем по внешнему цилиндрическому объему центрального трубопровода выходит в верхнюю внутреннюю часть конвертера. Далее поток газа поступает вниз через насыпку гранул реагента/катализатора, фильтруется и проходит сквозь перфорированную перегородку в полость на дне корпуса конвертера. Из донной полости поток фильтрованного газа распределяется по системе выходных трубок и поступает в выходной патрубок конвертера.

При недостаточно эффективной конвертации трития в пары воды (НТО), что может быть вызвано малой концентрацией кислорода в газовом потоке при использовании катализатора или восстановлением меди при использовании реагента CuO , на вход конвертера можно подать (например, от баллона) дополнительный поток газа с необходимой примесью кислорода через вентили В1 или В2 (см. рис. 1). В случае применения реагента в качестве наполнителя, такой способ на стадии технического обслуживания позволит также регенерировать медь до исходной оксидной формы CuO .

Устройство и работа адсорбера

Адсорбер выполнен из нержавеющей стали и представляет собой герметичный цилиндрический корпус (см. рис. 4), заполненный молекулярным ситом (используется цеолит типа NaX с размерами гранул до 5 мм). Входной трубопровод соединен на дне камеры со свободной полостью, которая отгорожена от молекулярного сита перфорированной перегородкой.

Адсорбер монтируется в составе газоочистки путем соединения входных и выходных патрубков с трубопроводами линии очистки и подвешивается за петлю на верхнем торце корпуса на рычаг с тензометрическим датчиком веса (ТДВ1 или ТДВ2). Датчик веса позволяет проводить периодические взвешивания устройства с целью определения количества адсорбированной влаги в молекулярном сите.

Газовая смесь, поступающая по входному трубопроводу, попадает в нижнюю полость камеры адсорбера и фильтруется через насыпку гранул цеолита снизу вверх поступает к выходному патрубку. В ходе фильтрации происходит поверхностная сорбция (адсорбция) паров воды, включая форму НТО, в пористых гранулах цеолита. Сорбционная емкость цеолита по влаге составляет, в зависимости от производителя и типа сорбента, от ~10 до ~20 % от исходной «сухой» массы цеолита. Поэтому очевидно, что для эффективной очистки газовой среды от трития необходимо использовать предварительно осушенный цеолит (желательно на уровне не более 1 ppm по влажности).

Предварительная осушка цеолита (молекулярного сита) в устройстве адсорбера проводится отдельно на специализированных стендах и непосредственно перед монтажом адсорбера в установку газоочистки. В зависимости от условий эксплуатации и технической возможности для восстановления сорбционной емкости молекулярных сит используется несколько вариантов конструкций адсорберов, разработанных в РФЯЦ-ВНИИЭФ, которые отличаются вместимостью (объемом для наполнителя) и наличием внутреннего нагревателя. Так, например, для осушки цеолита в корпусе многофазового адсорбера, показанного на рис. 4, размещен нагреватель, имеющий вид спирали. Контроль и регулирование мощности нагревателя в данном устройстве проводится по измерениям температуры на внешней стенке корпуса адсорбера.

Показанное на рис. 4 устройство адсорбера с максимальной массой цеолита до 15 кг

может поглотить до 36 Ки адсорбированного трития при уровне ОА газовой среды $\sim 4,5 \cdot 10^5$ Бк/м³ и влажности ~ 1 ppm или до 800 Ки адсорбированного трития при уровне ОА газовой среды $\sim 4,5 \cdot 10^7$ Бк/м³ и влажности до ~ 10 ppm.

Адсорберы, полностью насыщенные тритированной влагой (НТО/ДТО) до допустимого контрольного уровня по объемной активности (ОА) трития в насыщенных парах, должны быть герметично закрыты, отсоединены от коммуникаций газоочистки и переданы для восстановления (осушки) на специализированных стендах в организациях, имеющих лицензии на работы с тритированной водой (в жидкой фазе), или для захоронения в качестве твердотельных радиоактивных отходов.

Устройство побудителя потока

Побудитель потока (воздуходувка) установлен вертикально в герметичном кожухе (см. рис. 5), который предотвращает выход циркулирующего газа в окружающую среду и обеспечивает одновременно обдув корпуса воздуходувки при ее работе входным потоком газовой среды, которая поступает через

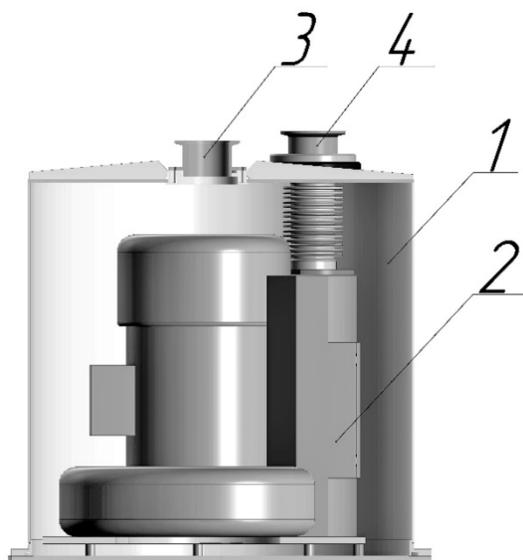


Рис. 5. Основные составные части побудителя потока (воздуходувки):
1 – кожух герметичный; 2 – воздуходувка;
3 – входной фланец; 4 – выходной фланец

входной фланец крышки кожуха. Выходной патрубок воздухоудувки напрямую через трубопровод соединен с выходным фланцем крышки кожуха. Между входным и выходным фланцами кожуха воздухоудувки установлен дифференциальный датчик давления, позволяющий по разности давления между входом и выходом определять скорость потока, побуждаемого воздухоудувкой.

Управление работой воздухоудувки (скоростью потока) осуществляется путем изменения частоты (от 10 до 50 Гц) частотного преобразователя в АСКУ через мнемосхему газоочистки на управляющем компьютере. При необходимости для фиксированных частот можно получить калибровочную кривую зависимости скорости потока от давления разрежения на дифференциальном датчике давления.

Запуск установки газоочистки, после открытия всех необходимых вентилях на линии очистки, начинается с включения воздухоудувки на малой начальной мощности (~20 % при 10 Гц на частотном преобразователе) и постепенного увеличения производительности до необходимого уровня, который определяется допустимым давлением разрежения во входных коммуникациях установки (например, при подключении перчаточного бокса к газоочистке давление разрежения в боксе, обычно, не должно превышать 1,5 кПа).

Имеющий место обдув корпуса воздухоудувки внутри герметичного корпуса приводит к тому, что выходной поток имеет повышенную температуру газа, поэтому после выходной коммуникации из побудителя потока устанавливается дополнительный теплообменник, охлаждающий поток газовой среды до приемлемого уровня.

Устройство теплообменника

В состав установки очистки газовой среды от трития, показанной на рис. 1, входят два теплообменника: основной теплообменник охлаждает поток газовой среды

непосредственно после конвертеров, а дополнительный выходной теплообменник снижает температуру газа на выходе побудителя потока. В зависимости от требований условий эксплуатации установки газоочистки в помещениях на радиационно-опасных участках существуют ограничения по использованию водяных систем охлаждения, более эффективных в отношении теплообмена. Поэтому авторами настоящей работы были разработаны варианты систем охлаждения газового потока с теплообменниками как газо-водяного, так и газо-воздушного типа.

Использование газо-водяного теплообменника, несмотря на эффективный теплообмен, требует дополнительного подвода к установке газоочистки контуров водоснабжения, а, при необходимости, и замкнутых водяных контуров, как показано в работе [2], с отдельными подсистемами регулирования потоков воды, водяными насосами и теплообменниками. Использование газо-воздушного теплообменника приводит к упрощению конструкции системы охлаждения, но накладывает дополнительное требование к помещению, где размещается установка газоочистки, которое заключается в необходимости наличия системы вентиляции, интенсивность которой достаточна для вывода выделяющегося от установки тепла.

Для примера рассмотрим газо-воздушный теплообменник, устанавливаемый на выходе воздухоудувки, принцип работы которого заключается в следующем: газовая среда, поступающая через входной фланец теплообменника, проходит по внутренним каналам корпуса, который снаружи обдувается потоком воздуха, создаваемого вентилятором, закрепленным на кожухе. Таким образом происходит теплообмен между воздухом и газовой средой и рассеивание тепла. Основные составные части теплообменника представлены на рис. 6.

Для регулирования интенсивности обдува вентилятором через АСКУ, при необходимости, на выходе теплообменника внутри

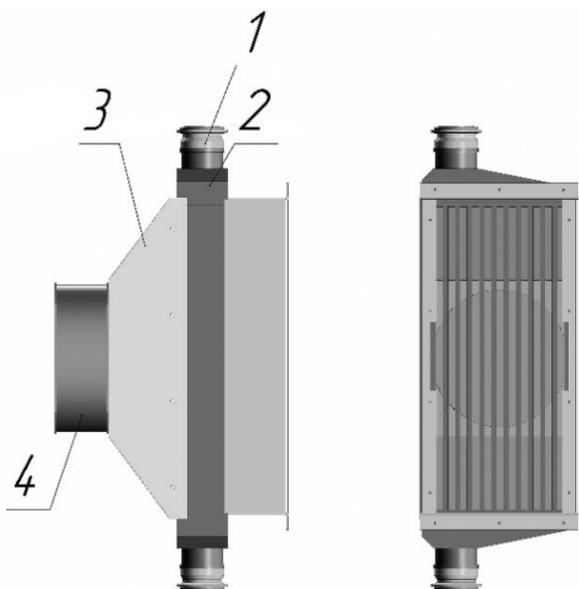


Рис. 6. Основные составные части теплообменника: 1 – входной фланец; 2 – корпус; 3 – кожух; 4 – вентилятор

коммуникации устанавливают температурный датчик, показывающий температуру потока газовой среды.

Автоматизированная система контроля и управления

Автоматизированная система контроля и управления (АСКУ) предназначена для регистрации состояния и управления функциональными элементами газоочистки в ручном (по командам оператора) и автоматическом режиме.

АСКУ газоочистки [6] представляет собой распределенную сеть, состоящую из управляющего компьютера, находящегося на удаленном расстоянии от установки, набора модулей: аналогового и цифрового ввода/вывода серии I-7000, а также устройств измерения физических параметров установки.

В качестве основного программного средства для создания АСКУ установки используется официально зарегистрированный

пакет CRW-DAQ [7], разработанный и применяемый в РФЯЦ-ВНИИЭФ. Пакет обеспечивает работу с модулями аналогового и цифрового ввода/вывода серии I-7000, позволяет обрабатывать и отображать измеряемые данные в текстовой и графической форме в режиме реального времени, а также строить и использовать пользовательский интерфейс для управления программой в удобной для оператора форме в виде мнемосхем.

Программное обеспечение (ПО) АСКУ обеспечивает:

- непрерывный дистанционный мониторинг основных физических параметров установки (давления, температуры, влажности, состояния нагревателей и т.д.);
- отображение результатов измерений на экране монитора управляющего компьютера в виде мнемосхемы и графиков;
- управление узлами (нагреватели, воздухоподогреватель и т.п.) газоочистки по командам оператора;
- оповещение персонала об изменениях, происходящих в работе газоочистки (например, срабатывание блокировок), путем подачи звуковых сигналов и речевых сообщений;
- непрерывное сохранение данных измерений в файлах на жестком диске управляющего компьютера.

Для отображения состояний основных параметров газоочистки используется графический интерфейс, основанный на активной графической мнемосхеме и окнах настройки. [6]. Графический интерфейс обеспечивает пользователю удобство управления газоочисткой. Измеряемые величины (температуры, давления и др.), а также состояния контролируемых элементов, отображаются на мнемосхеме. Управление элементами газоочистки производится нажатием курсора на активные области (сенсоры) мнемосхемы.

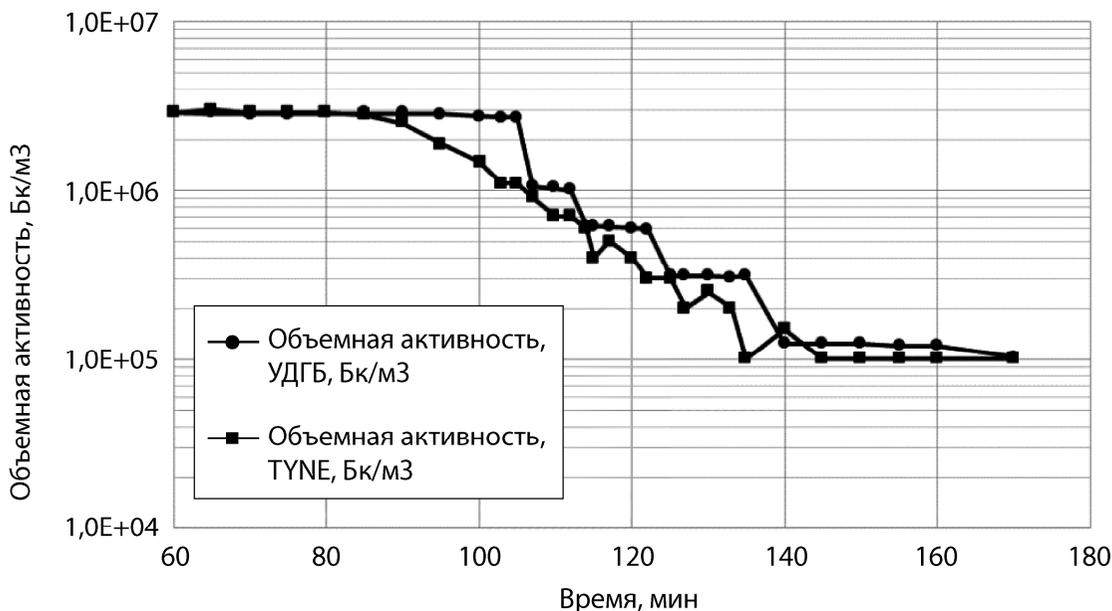


Рис. 7. Результаты измерений ОА газовой смеси двумя различными радиометрами на выходе из газоочистки в ходе процесса очистки ресивера от трития

Результаты испытаний

Работоспособность, описанной выше установки очистки газовой среды от трития была подтверждена в ходе специальных испытаний. Испытания проводились в процессе очистки смеси азота с тритием, накопленного в ресивере вместимостью 1 м^3 , которые показали уменьшение ОА газовой среды с $5 \cdot 10^8 \text{ Бк/м}^3$ до $1 \cdot 10^6 \text{ Бк/м}^3$ за один час работы. Последующая продолжительная работа газоочистки в течение 2-х часов снижает ОА рабочей газовой смеси до уровня менее $4 \cdot 10^5 \text{ Бк/м}^3$.

На рис. 7 приведен один из результатов измерений ОА потока газа одновременно двумя различными приборами: УДГБ (отечественный радиометр), ТУНЕ (канадский радиометр), из которого видно как уменьшается объемная активность газовой среды в течение одного часа.

Заключение

Разработанная в РФЯЦ-ВНИИЭФ установка газоочистки предназначена для эффективной очистки от трития и тритийсодержащих примесей газовой среды перчаточных боксов, ресиверов и газовых коммуникаций различных экспериментальных установок и их инфраструктуры. Технические характеристики газоочистки позволяют при организации замкнутого контура коммуникаций осуществлять интенсивную циклическую очистку рабочей газовой среды от влаги (до 10 ppm) и трития (снижение объемной активности до уровня менее $5 \cdot 10^5 \text{ Бк/м}^3$) при высоких потоках путем конвертации трития до водной формы НТО на гранулах реагента/катализатора и последующей адсорбции влаги на молекулярном сите на основе цеолита.

Созданная для экспериментального комплекса установка очистки газовой среды от трития показала свою работоспособность, при этом технические характеристики установки, полученные после испытаний, показали соответствие установленным требованиям.

Список литературы

1. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности. ОСПОРБ 9010.
2. Мусяев Р. К. и др. Тритиевая инфраструктура для установки лазерного термоядерного синтеза. // Сборник докладов 7-й международной конференции и 14-й международной школы молодых ученых и специалистов имени АА. Курдюмова IHISM'21 Junior, Гатчина, 2021, с. 207.
3. Беловодский Л. Ф., Гаевой В. К., Гришмановский В. И. Тритий. М.: Энергоатомиздат, 1985.
4. Юхимчук А. А. и др. Комплекс газового обеспечения экспериментов по мюонному катализу ядерных реакций синтеза // ПТЭ. 1999, № 6. с. 17–23.
5. Виноградов Ю. И. и др. Автоматизированная система контроля и управления комплексом подготовки газовой смеси для экспериментального исследования мюонного катализа ядерных реакций синтеза // ПТЭ. 2004, № 3. с. 29–41.
6. Гурин Н. Е, Тумкин А. Д, Вихлянец О. П, Фильчагин С. В, Курякин А. В, Мусяев Р. К, Буряк Е. В. Автоматизация установки очистки газовой среды перчаточных боксов и газовых коммуникаций от тритийсодержащих примесей // Сборник докладов 13 международной школы молодых ученых и специалистов имени АА. Курдюмова IHISM'19 Junior, Саров, 2019, с. 213.
7. Курякин А. В., Виноградов Ю. И. Программное обеспечение автоматизированных измерительных систем в области тритиевых технологий // ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез. 2008. Вып. 2, с. 80–90.

ПРОВЕДЕНИЕ АНАЛИЗА ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ, СВЯЗАННЫХ С РАЗгерметизацией СИСТЕМЫ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ РЕКОМБИНАЦИИ И ГАЗОВОГО КОНТУРА ПРИ РАБОТЕ ПЕРСПЕКТИВНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ВИР-3

*А. В. Шуркаев, А. А. Пикулев, А. А. Кубасов, Д. А. Юнин,
А. Д. Авдеев, А. Р. Дягель, С. О. Табаков*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров

Введение

В настоящее время ведутся работы по модернизации исследовательской ядерной установки (ИЯУ) ВИР-2М с целью повышения ее облучательных возможностей и улучшения эксплуатационных характеристик [1].

Работы по модернизации ИЯУ ВИР-2М сопровождаются анализом последствий ядерных и радиационных аварий, которые могут произойти на установке. В дополнение к газовому контуру (ГК), который имеется на ИЯУ ВИР-2М, ИЯУ ВИР-3 планируется оснастить системой каталитической рекомбинации (СКР) радиолитического газа, что создает дополнительный источник опасности, связанный с возможностью разгерметизации контура СКР при работе ИЯУ ВИР-3 в статическом режиме [1].

Работа посвящена рассмотрению максимально возможных радиационных последствий аварий, связанных с разгерметизацией корпуса АЗ и/или газового контура ИЯУ при генерации импульса делений или во время работы установки в статическом режиме. В работе представлены следующие результаты:

- дана консервативная оценка активности РБГ, которые могут выйти в помещения ИЯУ;

- оценены выходы благородных газов на 1 МДж энерговыделения;

- произведена консервативная оценка активностей изотопов йода и дочерних изотопов РБГ, которые могут поступить в организм персонала ИЯУ ингаляционным путем.

Основные расчетные соотношения

Выход благородных газов из топливного раствора (ТР) при работе реактора как в импульсном, так и в статическом режиме, происходит главным образом за счет выноса РБГ всплывающими на поверхность ТР пузырьками радиолитического газа [2]. Для консервативной оценки активности РБГ будем считать, что происходит их полное выделение (100% выход РБГ) из раствора в надтопливное пространство корпуса реактора; выход изотопов йода полагаем равным 0,001% (согласно [2]) как в импульсном, так и в статическом режимах работы.

Максимальная проектная мощность ИЯУ ВИР-3 в статическом режиме работы составляет 20 кВт [1]. При проведении расчетов принято, что в одном акте деления ядра U^{235} выделяется $E_f = 180$ МэВ энергии. Таким образом, скорость наработки $\left[\frac{\text{ядер}}{c}\right]$ i -ого продукта деления в АЗ составит:

$$v_i = \frac{\omega_i W}{E_f} \quad (1)$$

где ω_i – независимый выход i -ого продукта деления;

$W = 20$ кВт – мощность ИЯУ ВИР-3 при работе в статическом режиме.

Примечание 1. В последующих разделах работы, под статическим пуском следует понимать работу установки на постоянной мощности 20 кВт продолжительностью 60 часов.

Примечание 2 В качестве максимального энерговыделения за один импульсный

Активности радиоактивных благородных газов

пуск в АЗ реактора ВИР-3 в расчетах использовано значение $E = 150$ МДж, что на 25% превосходит проектное значение [1].

Таким образом, общее число делений за импульсный пуск с энерговыделением 150 МДж составит:

$$N_f = \frac{E}{E_f} = 5,21 \cdot 10^{18} \quad (2)$$

Для консервативной оценки активности благородных газов будем считать, что все РБГ покинули ТР (как после импульса делений так и во время работы установки в статическом режиме). Ниже будем рассматривать только те РБГ, период полураспада которых существенно (на несколько порядков) больше длительности импульса реактора. Поэтому при проведении расчетов полагалось, что импульс делений произошел мгновенно; активность РБГ перед импульсом принята равной нулю.

При расчетах активностей РБГ, образующихся при работе установки в статическом режиме, считали, что РБГ покидали ТР мгновенно. Активности РБГ перед началом работы установки на мощности считали равными нулю.

Значения независимых выходов осколков деления были приняты для деления ядер U^{235} нейтронами тепловой области. Также считали, что продукты деления не захватывают нейтроны.

Для консервативной оценки активностей вышедших в верхний реакторный зал РБГ, предположим, что разгерметизация происходит после статического пуска. В настоящее время НРБ-99/2009 [3], ОСПОРБ-99/2010 [4] не регламентируют объемную активность РБГ. Принятый в РФЯЦ-ВНИИЭФ контрольный уровень по удельной активности РБГ составляет примерно 10^5 Бк/м³. При этом не регламентируется объемной активности конкретных изотопов РБГ, поэтому можно ограничиться рассмотрением суммарной активности данных газов. На рис. 1 представлена зависимость суммарной объемной активности в верхнем зале от времени после разгерметизации. Поскольку ИЯУ ВИР-3 будет размещаться на месте существующей ИЯУ ВИР-2М, при проведении расчетов, были использованы параметры реакторных залов ИЯУ ВИР-2М (объем 1760 м³).

Из рис. 1 видно, что при отключенной вентиляции объемная активность РБГ в зале в рассматриваемый промежуток времени значительно (более чем на 5 порядков) превосходит КОА^{РБГ}. Через 7,2 часа объемная активность РБГ снижается примерно в четыре раза – с $1,3 \cdot 10^{11}$ до $3,4 \cdot 10^{10} \frac{\text{Бк}}{\text{м}^3}$.

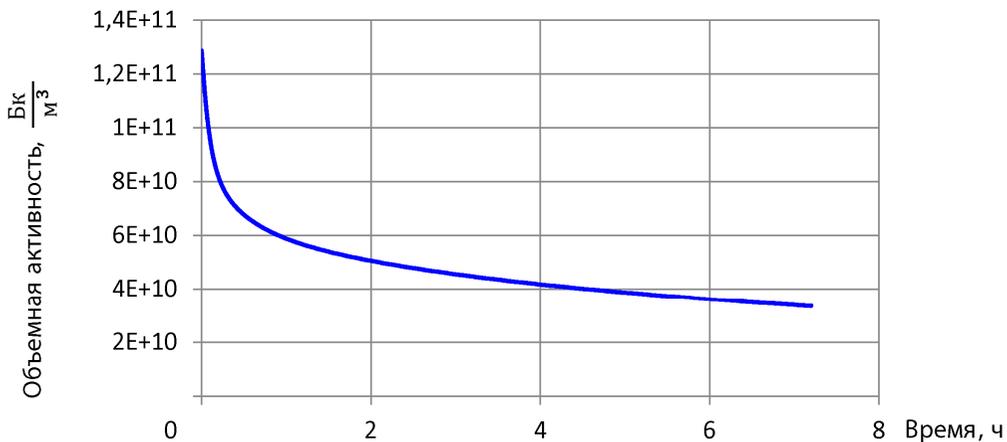


Рис. 1. Объемная суммарная активность РБГ в верхнем реакторном зале при разгерметизации ГК или СКР после статического пуска

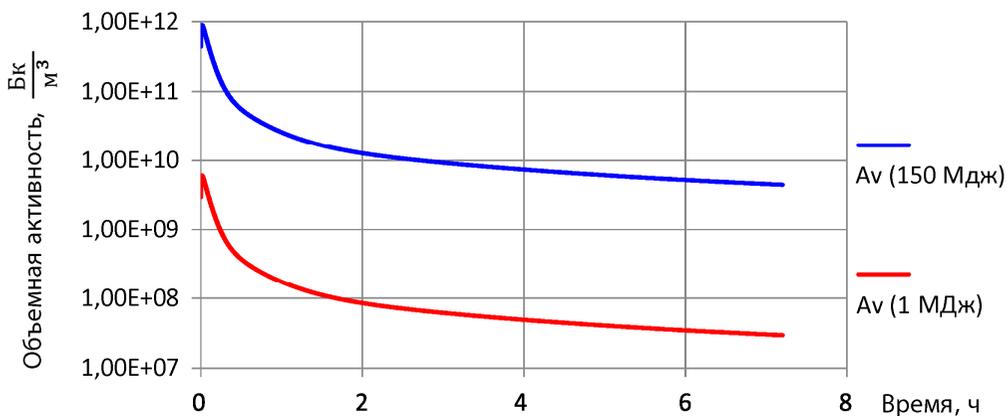


Рис. 2. Объемная суммарная активность РБГ в верхнем реакторном зале при разгерметизации ГК или СКР после импульса деления (верхний график) и пересчет той же величины на 1 МДж энерговыделения

Оценим выход РБГ на 1 МДж энерговыделения при импульсе деления. Как и в расчетах, представленных выше, ограничимся рассмотрением суммарной объемной активности. Ниже на рис. 2 представлена зависимость суммарной объемной активности РБГ в верхнем реакторном зале при разгерметизации ГК или СКР после импульса деления а также та же зависимость при пересчете на 1 МДж энерговыделения.

Как можно видеть из графика, объемная активность РБГ на 6 порядков превышает контрольные уровни, установленные во ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ».

Заметим, что выход большей части РБГ из надтопливного пространства возможен только в случае отказов элементов сразу в нескольких системах (запроектная авария). В проекте ИЯУ ВИР-2ММ предусмотрен комплекс мероприятий, направленный на локализацию последствий аварий. Так в контуре СКР при статическом режиме работы давление газов поддерживается на уровне 0,9 атм. В случае разгерметизации повышение давления будет фиксироваться датчиками давления, расположенными в контуре СКР. При повышении давления до 0,98 атм. сработает аварийная уставка, и система управления и защиты выдаст сигнал на закрытие вентилей высокого давления, связывающих контур СКР с надтопливным про-

странством корпуса. В случае сжигания гремучего газа после импульса контур СКР будет отсекается от корпуса реактора и ГК. Наиболее уязвимым местом в этом случае будет являться линия сжигания ГК. Линия сжигания рассчитана выдерживать импульсное повышение давления до 10 МПа. Максимальное давление при сжигании гремучего газа не будет превышать 8 МПа.

Оценка мощности дозы гамма-излучения, создаваемой вышедшими РБГ в верхнем реакторном зале

Работа в залах ИЯУ ВИР-2М разрешается при мощности дозы не более 11 мкЗв/ч и уровне активности РБГ не более $1,5 \cdot 10^5$ Бк/м³.

Для определения мощности дозы гамма-излучения, создаваемой РБГ, поступившими в зал в результате разгерметизации корпуса АЗ (и/или ГК), были проведены оценочные расчеты. Были выделены основные изотопы РБГ, вносящие наибольший вклад в общую мощность дозы гамма-излучения: Кr⁸⁸, Кr⁸⁹, Хе¹³⁵, Хе¹³⁸.

При проведении расчетов предполагалось, что человек находится в помещении с геометрическими размерами 15×12×10 м³ (Д×Ш×В), а помещение (верхний реакторный зал) однородно заполнено одним из следующих РБГ: Хе¹³⁸, Кr⁸⁹ или Кr⁸⁸. В этом

случае, спектральные характеристики данных изотопов были взяты из библиотеки ENDF/B-VII. Расчет производился при помощи программы С-007 разработки ИТМФ [5]. Для консервативной оценки мощности эквивалентной дозы, создаваемой излучением Xe^{135} , равномерно распределенного в объеме верхнего зала, воспользуемся выражением для нахождения мощности поглощенной дозы в бесконечной однородной среде с равномерной по объему активностью, представленным в справочнике [6]:

$$K = \frac{4\pi\Gamma_{\delta}A_v}{\mu_0}, \quad (3)$$

где $\Gamma_{\delta}, \frac{\text{аГр}\cdot\text{м}^2}{\text{с}\cdot\text{Бк}}$ – керма-постоянная; $A_v, \frac{\text{Бк}}{\text{м}^3}$ – объемная активность Xe^{135} в верхнем зале; $\mu_0, \text{м}^{-1}$ – линейный коэффициент ослабления гамма-кванта в среде (воздухе);

Результат вычислений по соотношению (3) имеет размерность $\frac{\text{аГр}\cdot\text{м}^2}{\text{с}} \left(\frac{10^{-18}\cdot\text{Гр}\cdot\text{м}^2}{\text{с}} \right)$ и определяет мощность дозы, создаваемой квантами одной энергии. Так как коэффициент качества для квантов всех энергий равен единице, то легко перейти в единицы $\frac{3\text{в}\cdot\text{м}^2}{\text{ч}}$. Для нахождения мощности дозы, создаваемой γ -квантами всех энергий, испускаемых нуклидом, необходимо провести суммирование мощности доз от каждой линии в отдельности:

$$K = \sum_{n=1}^N \frac{4\pi\varepsilon_n\Gamma_{\delta}^n A_v 10^{-18}\cdot 3600}{\mu_0^n}, \quad (4)$$

где n – индекс, относящийся к энергии фотона (линии); N – общее число линий излучения;

ε_n – относительный квантовый выход фотонов n -ой линии на распад;

Для расчета по (4) воспользуемся справочными данными, представленными в табл. 1.

Результаты расчетов, произведенных для случая разгерметизации СКР или ГК после статического пуска, представлены в табл. 2.

Как было замечено в предыдущем разделе, столь высокие значения объемных активностей РБГ относятся к рассмотрению запроектных аварий с максимальными последствиями.

Изотопы йода

Будем считать, что при работе реактора на мощности с поверхности топливного раствора в надтопливное пространство выделяются около 0,001 % образовавшихся изотопов йода [2]. Изотопы йода в виде аэрозолей в случае разгерметизации СКР (и/или ГК) попадают в верхний реакторный зал. В результате, при нарушении порядка допуска персонала в помещения ИЯУ, изотопы йода могут ингаляционным путем попасть в организм работников, находящихся в верхнем зале. Попавшие в легкие изотопы йода разносятся кровотоком по организму и оседают в органах-мишенях. Одна из основных опасностей изотопов йода заключается в том, что нуклиды данного типа избирательно накапливаются в щитовидной железе. В частности, щитовидная железа, имеющая массу около 20 г, накапливает в себе около 30 % изотопов йода от общего количества йода, попавшего в организм [6].

В табл. 3 представлены изотопы йода, которые нормированы в приложении 1

Таблица 1

Параметры излучения Xe^{135} [6]

Нуклид	Энергия фотонов, МэВ	Квантовый выход на распад	Керма-постоянная, $\frac{\text{аГр}\cdot\text{м}^2}{\text{с}\cdot\text{Бк}}$	Коэффициент линейного ослабления, м^{-1}	Объемная активность, $\frac{\text{Бк}}{\text{м}^3}$
Xe^{135}	0,24	0,905	7,976	0,015	$2,4 \cdot 10^{10}$
	0,031	0,006	0,030	0,039	

Таблица 2

Максимальные мощности дозы гамма-излучения, создаваемые вышедшими РБГ в верхнем реакторном зале при разгерметизации контура СКР или ГК

Режим работы	Изотоп	Объемная активность, $\frac{\text{Бк}}{\text{м}^3}$	Мощность дозы, $\frac{\text{Зв}}{\text{ч}}$
Статический пуск	Kr ⁸⁹	$1,8 \cdot 10^{10}$	0,35
	Xe ¹³⁸	$2,4 \cdot 10^{10}$	0,30
	Kr ⁸⁸	$1,4 \cdot 10^{10}$	0,30
	Xe ¹³⁵	$2,4 \cdot 10^{10}$	0,52
Импульсный пуск	Kr ⁸⁹	$5,0 \cdot 10^{11}$	9,8
	Xe ¹³⁸	$5,7 \cdot 10^{10}$	0,74
	Kr ⁸⁸	$5,7 \cdot 10^9$	0,12
	Xe ¹³⁵	$1,6 \cdot 10^9$	0,03

Таблица 3

Значения дозовых коэффициентов (ДК), допустимой объемной активности для персонала группы А (ДОА_{ПЕРС}) и предела годового поступления (ПГП) с воздухом изотопов йода для персонала

Нуклид	Период полураспада	ДК, Зв/Бк	ПГП, Бк/год	ДОА _{ПЕРС} , Бк/м ³
I ¹²⁹	$1,57 \cdot 10^7$ лет	$9,6 \cdot 10^{-8}$	$2,1 \cdot 10^5$	$8,3 \cdot 10^1$
I ¹³¹	8,04 сут.	$2,0 \cdot 10^{-8}$	$1,0 \cdot 10^6$	$4,0 \cdot 10^2$
I ¹³²	2,3 ч	$3,1 \cdot 10^{-10}$	$6,5 \cdot 10^7$	$2,6 \cdot 10^4$
I ¹³³	20,8 ч	$4,0 \cdot 10^{-9}$	$5 \cdot 10^6$	$2,0 \cdot 10^3$
I ¹³⁴	0,876 ч	$1,5 \cdot 10^{-10}$	$1,3 \cdot 10^8$	$5,3 \cdot 10^4$
I ¹³⁵	6,7 ч	$9,2 \cdot 10^{-10}$	$2,2 \cdot 10^7$	$8,7 \cdot 10^3$

к НРБ-99/2009 и появление которых возможно в верхнем реакторном зале при разгерметизации СКР (и/или ГК).

Элементарный йод имеет наименьшие пределы годового поступления по сравнению с другими радиоактивными соединениями йода, что важно при консервативной оценке активности поступившего в организм нуклида. Поэтому в настоящей работе предполагалось, что все изотопы йода, представленные в табл. 3, относятся к ингаляционному типу Г1 (консервативное приближение) [4].

Проведем оценку эквивалентной дозы, вызванной внутренним поступлением изотопов йода, которую может получить персонал при входе в реакторный зал, в случае разгерметизации СКР (и/или ГК). Будем использовать следующее консервативное приближение: работник входит в зал сразу после разгерметизации и находится в зале 7,2 часа (полная продолжительность смены).

Активность поступившего в организм йода вычислялась при помощи следующего выражения:

$$A_{\text{вн}} = \int_{t_1}^{t_2} g v_{\text{вд}} \frac{A(t) dt}{V_{\text{в.з}}} \quad (5)$$

где $g = 10^{-5}$ – доля ядер изотопов йода, выделившихся из топливного раствора, от общего числа ядер данного изотопа, образовавшегося при работе установки в статическом режиме;

$v_{\text{вд}} = \frac{V_{\text{непс}}}{t_{\text{непс}}} = 3,922 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$ – скорость потребления воздуха персоналом группы А, определенная по данным из НРБ-99/2009 [3];

$V_{\text{в.з}} = 1760 \text{ м}^3$ – объем верхнего зала;

t_1, t_2 – время момента начала и конца пребывания персонала в зале после разгерметизации СКР ($t_1 = 0, t_2 = 7,2$ часа).

Предположим, что РБГ равномерно распределены в воздухе зала и вентиляция не влияет на данное распределение. Исходя из объема верхнего зала $V_{\text{в.з}} = 1760 \text{ м}^3$ и мощности приточно-вытяжной вентиляции $3 \text{ м}^3/\text{с}$ находим, что время, за которое воздух в верхнем зале обновляется наполовину, составляет $\tau = 585 \text{ с}$ получаем, что за время полуобновления воздуха в верхнем реакторном зале число ядер данного РБГ за счет влияния приточно-вытяжной вентиляции уменьшается в два раза.

Таким образом, для учета влияния приточно-вытяжной вентиляции можно ввести эффективную постоянную распада нуклида в зале:

$$\lambda_{\text{эф}} = \lambda + \frac{\ln(2)}{\tau} \quad (6)$$

где $\lambda, \text{с}^{-1}$ – постоянная распада данного нуклида;

$\lambda_{\text{эф}}, \text{с}^{-1}$ – эффективная постоянная распада данного нуклида в верхнем зале;

$\tau = 585 \text{ с}$ – время полуобновления воздуха в верхнем зале.

В результате, выражения для вычисления числа ядер того или иного продукта деления будут аналогичны выражениям для вычисления числа ядер без учета вентиляции, с той оговоркой, что в качестве постоянной распада используется эффективная постоянная распада, приведенная в формуле (6).

Результаты расчетов для случаев выключенной и включенной приточно-вытяжной вентиляции представлены в табл. 4.

Из табл. 4 видно, что для условий статического пуска даже при выключенной приточно-вытяжной вентиляции, суммарная эквивалентная доза от изотопов йода, поступивших в организм персонала, составляет около 15 мЗв , что соответствует 75% от значения контрольной эффективной дозы для персонала группы А – 20 мЗв/год .

После импульсного пуска, суммарная эквивалентная доза от изотопов йода (см. табл. 5) на порядок ниже значения контрольной эффективной дозы для персонала группы А.

Таблица 4

Дозовые характеристики изотопов йода, поступивших в организм персонала за смену при разгерметизации СКР (и/или ГК) после статического пуска в единицах предела годового поступления (ПП)

Нуклид	Вентиляция выключена		Вентиляция включена	
	Эквивалентная доза, Зв	Доля от ПП, %	Эквивалентная доза, Зв	Доля от ПП, %
I^{131}	$4,17 \cdot 10^{-3}$	21	$1,35 \cdot 10^{-4}$	0,7
I^{132}	$2,20 \cdot 10^{-4}$	1,1	$7,14 \cdot 10^{-6}$	0,04
I^{133}	$8,41 \cdot 10^{-3}$	42	$2,98 \cdot 10^{-4}$	1,5
I^{134}	$1,43 \cdot 10^{-4}$	0,7	$1,47 \cdot 10^{-5}$	0,08
I^{135}	$1,59 \cdot 10^{-3}$	7,8	$7,20 \cdot 10^{-5}$	0,36
Сумма	$1,45 \cdot 10^{-2}$	72,7	$5,27 \cdot 10^{-4}$	2,6

Таблица 5

Дозовые характеристики изотопов йода, поступивших в организм персонала за смену при разгерметизации корпуса реактора (и/или ГК) после импульсного пуска в единицах ПГП

Нуклид	Вентиляция выключена		Вентиляция включена	
	Эквивалентная доза, Зв	Доля от ПГП	Эквивалентная доза, Зв	Доля от ПГП
I^{131}	$1,26 \cdot 10^{-4}$	$6,32 \cdot 10^{-3}$	$4,91 \cdot 10^{-7}$	$2,46 \cdot 10^{-5}$
I^{132}	$3,82 \cdot 10^{-6}$	$1,90 \cdot 10^{-4}$	$5,68 \cdot 10^{-7}$	$2,78 \cdot 10^{-5}$
I^{133}	$5,55 \cdot 10^{-4}$	$2,78 \cdot 10^{-2}$	$6,15 \cdot 10^{-6}$	$3,08 \cdot 10^{-4}$
I^{134}	$1,34 \cdot 10^{-4}$	$6,87 \cdot 10^{-3}$	$5,76 \cdot 10^{-6}$	$2,88 \cdot 10^{-4}$
I^{135}	$3,42 \cdot 10^{-4}$	$1,69 \cdot 10^{-2}$	$1,50 \cdot 10^{-5}$	$7,50 \cdot 10^{-4}$
Сумма	$1,16 \cdot 10^{-3}$	$5,81 \cdot 10^{-2}$	$2,80 \cdot 10^{-5}$	$1,40 \cdot 10^{-3}$

Стоит отметить, что подобная оценка доз, полученных при вдыхании изотопов йода, является консервативной и относится к случаям запроектных аварий.

Дочерние нуклиды РБГ

Выше была проведена оценка эквивалентной дозы, вызванной внутренним поступлением изотопов йода, которую может получить персонал при входе в реакторный зал после разгерметизации СКР (и/или ГК). Образующиеся при распаде РБГ нуклиды могут быть также источниками внутреннего облучения. В связи с этим ниже проведена оценка радиационного влияния дочерних

продуктов РБГ за счет поступления в организм персонала через органы дыхания.

Для оценки их опасности будем опираться на нормы НРБ-99/2009 [4], в которых данным нуклидам установлены пределы годового поступления.

В табл. 6 представлены значения максимальных объемных активностей дочерних продуктов РБГ по отношению к ДОА_{ПЕРС}.

Из нуклидов, представленных в табл. 6, выделяется группа из 8 дочерних ядер РБГ (Y^{93} , Y^{92} , Sr^{91} , La^{141} , Sr^{92} , Ba^{139} , La^{142} , Rb^{88}), обладающая наибольшими активностями порядка 10^{13} Бк. Имеется также группа из 5 дочерних ядер РБГ, имеющих активность $\sim 10^{13}$ Бк (Y^{94} , Ba^{141} , Rb^{89} , Y^{93} ,

Таблица 6

Максимальные объемные активности дочерних ядер РБГ в верхнем реакторном зале при разгерметизации СКР (и/или ГК) после статического пуска

Нуклид	Rb^{88}	Rb^{89}	Sr^{89}	Sr^{90}	Sr^{91}	Sr^{92}	Y^{90}	Y^{92}
$A_V^{max.} /$ ДОА _{ПЕРС}	$1,58 \cdot 10^4$	$3,48 \cdot 10^4$	$4,52 \cdot 10^4$	$1,12 \cdot 10^4$	$3,84 \cdot 10^5$	$2,64 \cdot 10^5$	$7,14 \cdot 10^2$	$4,81 \cdot 10^5$
Нуклид	Y^{93}	Y^{94}	Cs^{137}	Cs^{138}	Ba^{139}	Ba^{140}	Ba^{141}	Ba^{142}
$A_V^{max.} /$ ДОА _{ПЕРС}	$1,06 \cdot 10^6$	$6,32 \cdot 10^3$	$2,21 \cdot 10^3$	$4,08 \cdot 10^3$	$3,38 \cdot 10^4$	$3,92 \cdot 10^5$	$4,20 \cdot 10^3$	$9,26 \cdot 10^2$
Нуклид	La^{140}	La^{141}	La^{142}	Ce^{141}	Cs^{135}			
$A_V^{max.} /$ ДОА _{ПЕРС}	$1,82 \cdot 10^5$	$2,82 \cdot 10^5$	$7,19 \cdot 10^4$	$5,47 \cdot 10^5$	$\ll 1$			

Ba^{142} , Cs^{138}) в течение первых 40 минут после разгерметизации. Активность Ba^{140} постоянна и составляет около $6,0 \cdot 10^{12}$ Бк. Оставшиеся ядра имеют на несколько порядков меньшую активность. Как видно из табл. 6, единственным нуклидом, объемная активность которого не превышает $ДОА_{\text{ПЕРС}}$, является Cs^{135} , что связано с очень длительным периодом полураспада данного нуклида ($2,6 \cdot 10^6$ лет). Максимальные объемные активности остальных нуклидов по отношению к $ДОА_{\text{ПЕРС}}$ варьируются в пределах от ~ 700 для Y^{90} до $\sim 10^6$ для Y^{93} (см. табл. 5). Такое высокое превышение $ДОА_{\text{ПЕРС}}$ (на шесть порядков) связано с высокой объемной концентрацией РБГ в верхнем реакторном зале, превышающей $КОА^{\text{РБГ}}$ практически на 6 порядков.

Считали, что персонал входит в зал сразу после разгерметизации СКР и/или ГК. Активности поступивших в организм нуклидов определяли при помощи выражения (5). Предполагалось, что все нуклиды, попавшие в легкие при дыхании, полностью оседают в них.

Были рассчитаны следующие величины: число единиц ПГП данного нуклида, поступившего в организм персонала за смену (7 часов 12 мин), время достижения ПГП данного нуклида при нахождении персонала в зале. Результаты расчетов представлены в табл. 7. Из табл. 7 видно, что для некоторых нуклидов (в табл. 7 выделены жирным) время достижения ПГП не превосходит 1 мин. Поэтому данные нуклиды являются наиболее опасными из продуктов распада РБГ.

Средние объемные активности, отнесенные к $ДОА_{\text{ПЕРС}}$ данных нуклидов после импульса деления, представлены в табл. 8.

Как видно из табл. 8, единственным нуклидом, объемная активность которого не превышает $ДОА_{\text{ПЕРС}}$, является Cs^{135} , что связано с очень длительным периодом полураспада данного нуклида ($2,6 \cdot 10^6$ лет). Объемные активности (усредненные значения) остальных нуклидов по отношению к $ДОА_{\text{ПЕРС}}$ варьируются в пределах от 25 для Y^{90} до $3,15 \cdot 10^5$ для Y^{93} (см. табл. 7).

Таблица 7

Оценка поступления продуктов распада РБГ в организм персонала при разгерметизации СКР (и/или ГК) после статического пуска

Нуклид	Число ПГП за 7,2 ч	Время достижения ПГП	Нуклид	Число ПГП за 7,2 ч	Время достижения ПГП
Rb^{88}	63	3,4 мин	Cs^{135}	–	–
Rb^{89}	8	3,0 мин	Cs^{137}	9,1	47 мин
St^{89}	315	1,2 мин	Cs^{138}	16,7	13,2 мин
St^{90}	45	9,4 мин	Ba^{139}	139	< 1 мин
St^{91}	1526	< 1 мин	Ba^{140}	1592	< 1 мин
St^{92}	621	< 1 мин	Ba^{141}	17	1,4 мин
Y^{90}	3	2,4 ч	Ba^{142}	3,6	2,6 мин
Y^{92}	1955	< 1 мин	La^{140}	749	< 1 мин
Y^{93}	4373	< 1 мин	La^{141}	1169	< 1 мин
Y^{94}	26	1 мин	La^{142}	286	< 1 мин

Таблица 8

Средние объемные активности дочерних ядер РБГ в верхнем реакторном зале при разгерметизации СКР (и/или ГК) после импульсного пуска

Нуклид	Rb^{88}	Rb^{89}	Sr^{89}	Sr^{90}	Sr^{91}	Sr^{92}	γ^{90}	γ^{92}
$A_V^{max.} / \text{ДОА}_{\text{ПЕРС}}$	$6,32 \cdot 10^3$	$3,27 \cdot 10^4$	$2,04 \cdot 10^3$	$3,59 \cdot 10^2$	$5,90 \cdot 10^4$	$1,03 \cdot 10^5$	$2,50 \cdot 10^1$	$6,37 \cdot 10^4$
Нуклид	γ^{93}	γ^{94}	Cs^{137}	Cs^{138}	Ba^{139}	Ba^{140}	Ba^{141}	Ba^{142}
$A_V^{max.} / \text{ДОА}_{\text{ПЕРС}}$	$3,15 \cdot 10^5$	$8,90 \cdot 10^4$	$6,92 \cdot 10^1$	$2,80 \cdot 10^4$	$3,45 \cdot 10^4$	$1,41 \cdot 10^4$	$7,57 \cdot 10^4$	$8,39 \cdot 10^4$
Нуклид	La^{140}	La^{141}	La^{142}	Ce^{141}	Cs^{135}			
$A_V^{max.} / \text{ДОА}_{\text{ПЕРС}}$	$7,09 \cdot 10^2$	$8,33 \cdot 10^4$	$1,00 \cdot 10^5$	$6,14 \cdot 10^3$	$\ll 1$			

Расчет активности данных нуклидов, поступивших в организм персонала, производили аналогично расчетам, представленным

выше. Считали, что сотрудник входит в зал сразу после импульса и через 20 минут. Результаты расчета представлены в табл. 9.

Таблица 9

Оценка поступления продуктов распада РБГ в организм персонала при разгерметизации СКР (и/или ГК) после импульсного пуска

Нук-лид	Вход в зал сразу после импульса		Вход в зал через 20 мин после импульса	
	Число ППП за 7 часов 12 мин	Время достижения ППП	Число ППП за 6 часов 52 мин	Время достижения ППП
Rb^{88}	28,5	22,2 мин	27,7	11,6 мин
Rb^{89}	38,4	2,45 мин	19,4	1 мин
Sr^{89}	10,4	1,06 ч	10,3	48 мин
Sr^{90}	1,56	4,65 ч	1,5	4,57 ч
Sr^{91}	227	2,9 мин	214,8	1,3 мин
Sr^{92}	331	45 с	299,2	30 с
γ^{90}	0,10	–	0,10	–
γ^{92}	306	19 мин	303,9	5 мин
γ^{93}	1385	2,5 мин	1341,7	30 с
γ^{94}	103,4	54 с	54,8	30 с
Cs^{137}	0,31	–	0,3	–
Cs^{138}	86,3	5,3 мин	76,1	1 мин
Ba^{139}	127,6	5,7 мин	118,2	70 с
Ba^{140}	58,6	9 мин	56,3	7,2 мин
Ba^{141}	79,2	40 с	37,3	30 с
Ba^{142}	50,9	13 с	3,2	2,5 мин
La^{140}	3,9	3,6 ч	3,9	3,3 ч
La^{141}	399,4	5,7 мин	389,3	1 мин
La^{142}	305,3	2,2 мин	269,5	20 с
Ce^{141}	32,9	1,0 ч	32,9	1,03 ч

Для некоторых нуклидов (в табл. 9 выделены жирным) время достижения ППП не превосходит 1 мин. Данные нуклиды и являются наиболее опасными.

Проведенные расчеты показали, что поступление продуктов распада РБГ в организм персонала ингаляционным путем представляет значительную опасность; так, объемная активность нуклидов ^{92}Sr , ^{93}Y , ^{94}Y , ^{141}Ba , ^{142}Ba , ^{142}La превосходит ДОА_{ПЕРС} на пять порядков, а ППП для этих нуклидов достигается за время не более 1 мин.

Заключение

Результаты проделанной работы были использованы при разработке технического проекта на ИЯУ ВИР-3 и в дальнейшем будут использованы для обоснования безопасности эксплуатации ИЯУ. Расчеты относятся к сценариям запроектных аварий. На ИЯУ ВИР-3 будет реализован комплекс мер по ограничению последствий аварий, что делает данную установку более совершенной с точки зрения обеспечения радиационной безопасности по сравнению с действующей установкой.

Список литературы

1. Будников Д. В., Воронцов С. В. и др. Ядерные электрофизические установки РФЯЦ-ВНИИЭФ: настоящее и будущее. // ВАНТ. Сер. Физика и техника ядерных реакторов. 2021. Вып. 4. С. 5–25.
2. Лобода С. В., Петрунин Н. В., Хвостонов В. Е., Чарнко В. Е. Вынос продуктов деления из топлива растворного реактора // Атомная энергия, 1989. Т. 67, Вып. 6, С. 432–433.
3. Нормы радиационной безопасности НР009. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2529.
4. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОР010. Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2610.
5. Житник А. К., Донской Е. Н., Огнев С. П. и др. Методика 07 решения методом Монте-Карло связанных линейных уравнений переноса нейтронов, гамма-квантов, электронов и позитронов. Вопросы атомной науки и техники. Серия Математическое моделирование физических процессов, 2011, вып. 1, с. 17–24.
6. Козлов В. Ф. Справочник по радиационной безопасности. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1999. 520 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОПО РФЯЦ-ВНИИЭФ, НА КОТОРЫХ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ОРПД

С. В. Рогов

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров

Промышленная безопасность – состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах (далее ОПО) и последствий указанных аварий.

Федеральный ядерный центр является многопрофильным научно-исследовательским предприятием, где необходимо обеспечивать безопасность при проведении различного вида работ. Поэтому в РФЯЦ-ВНИИЭФ разработана и функционирует система управления безопасностью, одной из подсистем которой является система управления промышленной безопасностью.

В РФЯЦ-ВНИИЭФ эксплуатируется 29 ОПО из них: 2-го класса опасности – 1; 3-го класса – 18; 4 класса – 10, в том числе ОПО на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением (далее ОРПД), предназначенное для проведения различного вида испытаний, и опытов.

Согласно требованиям Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением» (далее ФНП) в РФЯЦ-ВНИИЭФ, из числа инженерно-технических работников, приказом главного инженера РФЯЦ-ВНИИЭФ назначены должностные лица, ответственные за осуществление производственного контроля при эксплуатации оборудования, работающего под избыточным давлением.

Функции по учёту, техническому надзору и производственному контролю за безопасной эксплуатацией ОРПД, эксплуатируемого в РФЯЦ-ВНИИЭФ, возложены на

отдел главного механика РФЯЦ-ВНИИЭФ. Сотрудник на которого возложены данные функции обязан:

– организовывать и вести учет ОРПД, имеющегося в РФЯЦ-ВНИИЭФ;

– проводить технические освидетельствования ОРПД, в случаях предусмотренных ФНП, и выдавать разрешения на их дальнейшую эксплуатацию по результатам технического освидетельствования;

– принимать участие в проведении технических освидетельствований ОРПД работниками сторонних экспертных организаций, имеющих соответствующее разрешение на проведение данных работ;

– осуществлять контроль и надзор за техническим состоянием и безопасной эксплуатацией ОРПД;

– проверять на соответствие требованиям законодательства Российской Федерации в области промышленной безопасности и ФНП нормативно-правовую документацию, в части касающейся ОРПД, ПД и ТЗ объектов капитального строительства, на которых будет эксплуатироваться ОРПД;

– осуществлять контроль за вводом в эксплуатацию вновь смонтированных (приобретенных) ОРПД;

– проверять выполнение руководителями подразделений установленного ФНП порядка назначения лиц, ответственных за исправное состояние и безопасную эксплуатацию ОРПД, и порядка допуска персонала к безопасному обслуживанию ОРПД, проверять наличие у них удостоверений, и производственных инструкций;

– принимать участие в работе комиссий по проверке знаний персонала, допущенного к безопасному обслуживанию ОРПД;

– проводить проверки соблюдения требований промышленной безопасности при эксплуатации ОРПД;

– при выявлении нарушения требований промышленной безопасности при эксплуатации ОРПД выдавать обязательные для исполнения предписания, и контролировать их выполнение;

– проверять выполнение руководителями подразделений предписаний, выданных инспектором Ростехнадзора или иных органов исполнительной власти уполномоченных в области промышленной безопасности;

По состоянию на 01.10.2022 в РФЯЦ-ВНИИЭФ эксплуатируется более 5500 единиц ОРПД (в том числе баллоны различного типа, и назначения), за которыми осуществляется производственный контроль. Порядка 70% данного оборудования, имеет истекший срок службы. Так как обновление парка ОРПД происходит постепенно, РФЯЦ-ВНИИЭФ согласно требованиям Федерального закона от 21.07.1997 N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» ежегодно заключает договор со сторонней экспертной организацией на проведение экспертизы промышленной безопасности ОРПД, у которого подходит к концу срок его дальнейшей безопасной эксплуатации. Целью экспертизы является определение соответствия объекта экспертизы, предъявленным к нему требованиям промышленной безопасности, а так же возможность продления дальнейшей безопасной эксплуатации оборудования.

Экспертиза промышленной безопасности носит комплексный характер, и включает в себя:

1. Анализ эксплуатационной и технической документации;

2. Осмотр объекта экспертизы;

3. Анализ результатов проведенного технического диагностирования;

4. Расчётные и аналитические процедуры оценки и прогнозирования технического состояния и срока службы технического устройства.

Техническое диагностирование включает следующие виды работ:

– оперативная (функциональная) диагностика:

– проверка подключения технических устройств согласно технологической схеме;

– проверка приборов контроля и технологических защит;

– проверка запорно-регулирующей арматуры и предохранительных устройств

– проверка общих требований безопасности;

– визуальный и измерительный контроль:

– проверка на отсутствие видимых дефектов в виде коррозии стенок оборудования, трещин, надрывов, выпучин, отдулин, отслаиваний, видимых деформаций, раковин;

– проверка состояния крепёжных деталей, штуцеров и фланцев, срывов и износа резьбы;

– проверка состояния заземляющих устройств;

– ультразвуковая толщинометрия:

– замер фактической толщины стенок ОРПД;

– проверка на отсутствие локальных утонений и расслоений конструктивных элементов оборудования;

– ультразвуковой контроль сварных соединений:

– проверка качества сварных швов;

– проверки на отсутствие непроваров, шлакований, посторонних включений;

– контроль твёрдости металла;

– проверка соответствия металла его техническим характеристикам;

– контроль проникающими средствами:

– проверка на отсутствие микротрещин на поверхности металла;

– гидравлическое или пневматическое испытание технического устройства;

– испытание ОРПД пробным давлением.

По результатам проведённых исследований и расчетов, входящих в состав экспертизы, делаются выводы о возможности (невозможности) дальнейшей безопасной эксплуатации ОРПД.

Так в 2022 году была проведена 81 экспертиза ОРПД, по результатам заключений экспертиз был продлен срок дальнейшей безопасной эксплуатации данного оборудования.

Так как к безопасной эксплуатации и обслуживанию ОРПД допускается только обученный, и прошедший в установленном порядке аттестацию персонал, то важным элементом системы управления безопасности является обучение, аттестация и проверка знаний персонала допущенного к обслуживанию ОРПД. После выхода новых ФНП в области промышленной безопасности, произошли изменения в нормативно-правовой документации, в части касающейся ОРПД. В связи с этим, сотрудниками отдела главного механика РФЯЦ-ВНИИЭФ, были пересмотрены и актуализированы учебные программы, и производственные инструкции для персонала, допущенного к обслуживанию ОРПД, и для специалистов назначенных ответственными за исправное состояние и безопасную эксплуатацию ОРПД. В 2022 году специалисты отдела главного механика РФЯЦ-ВНИИЭФ провели обучение, и являясь членами экзаменационных комиссий подразделений, участвовали в проверке знаний более чем у 1000 работников предприятия.

Все сотрудники отдела главного механика РФЯЦ-ВНИИЭФ, ведущие преподавательскую деятельность, и являющиеся членами аттестационных комиссий по проверке знаний персонала, обучены по дополнительным профессиональным программам – программам повышения квалификации, и аттестованы в территориальной комиссии Ростехнадзора. Из всего этого можно сделать вывод, что система управления безопасностью в РФЯЦ-ВНИИЭФ вертикально выстроена и эффективно функционирует. Результатом работы этой системы является отсутствие травматизма, несчастных случаев, инцидентов и аварий на производстве, при проведении работ различной степени сложности. Но как и любая система, СУБ требует постоянного совершенствования, для этого необходимы внедрение современных технологий, организация производственного контроля, системный мониторинг законодательных и нормативно правовых актов, внедрение универсальных форм ведения записей, в том числе предписаний, отчетов, анализов мероприятий, разработка порядка их ведения, учета и хранения.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ НД ПО ПРОВЕРКЕ ЗНАНИЙ СПЕЦИАЛИСТОВ, СВЯЗАННЫХ С ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ПС

Ю. Е. Кузнецова

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров

Проверка знаний и аттестация

Основным нормативным документом, который устанавливает требования в области промышленной безопасности на опасных производственных объектах при эксплуатации подъемных сооружений, являются Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используется подъемные сооружения» (далее – ФНП, Правила). ФНП утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26 ноября 2020 г. № 461.

Среди прочих, несомненно, заслуживает внимания пункт 150 ФНП, гласящий:

«Периодическая проверка знаний должностных инструкций и настоящих ФНП должна осуществляться в соответствии с внутренним распорядительным актом эксплуатирующей организации и проводиться ее комиссией».

Приведен и перечень работников, в отношении которых установлено требование. Это инженерно-технические работники:

– ответственные за осуществление производственного контроля при эксплуатации подъемных сооружений;

– ответственные за содержание подъемных сооружений в работоспособном состоянии;

– ответственные за безопасное производство работ с применением подъемных сооружений.

Необходимо отметить, что Постановлением Правительства Российской Федерации № 1365 еще 25.10.2019 (то есть, за год до утверждения ФНП, содержащего 150-й пункт) было принято «Положение об аттестации в области промышленной безопасности, по вопросам безопасности гидротехнических сооружений, безопасности в сфере электроэнергетики», содержащее требования к проведению (прохождению) аттестации, в том числе и в отношении указанных должностных лиц.

В результате вступившие в законную силу оба нормативных документа предъявляют требования к этим специалистам, как к прохождению ими проверки знаний, так и к прохождению аттестации.

Естественным образом возникает **вопрос:** а что же должны знать экзаменуемые из числа указанных должностных лиц, проходящих проверку знаний? и лиц, проходящих аттестацию?

Рассмотрим:

1. При аттестации по областям (в соответствии с приказом Ростехнадзора от

04.09.2020 № 334 «Об утверждении перечня областей аттестаций в области промышленной безопасности, по вопросам безопасности гидротехнических сооружений, безопасности в сфере электроэнергетики»):

Б.9.3 Эксплуатация опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения, предназначенные для подъема и перемещения грузов;

Б.9.4 Эксплуатация опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения, предназначенные для подъема и транспортировки людей;

Б.9.6 Монтаж, наладка, обслуживание, ремонт, реконструкция или модернизация подъемных сооружений, применяемых на опасных производственных объектах.

В тесты включены вопросы на знание ФНП.

2. При проверке знаний (в соответствии с пунктом 150 ФНП от 26.11.2020 г. № 461):

– проверяется знание «должностных инструкций и настоящих ФНП»,

– вопросы должны содержать и сведения из ФНП.

Итог как при аттестации, так и при проверке знаний проверяется знание ФНП.

Вывод:

В отличие от остальных руководителей и специалистов, подлежащих аттестации по специальным вопросам промышленной безопасности, в отношении 3-х категорий работников, а именно:

1. Ответственные за осуществление производственного контроля при эксплуатации подъемных сооружений.

2. Ответственные за содержание подъемных сооружений в работоспособном состоянии.

3. Ответственные за безопасное производство работ с применением подъемных сооружений.

Действуют требования по прохождению, как аттестации, так и проверки знаний в объеме ФНП «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используется подъемные сооружения».

Вообще категория «ответственных за безопасное производство работ кранами», как их называли ранее действующие «Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов», подвергается дискриминации не впервые. Так, в период действия ПБ-14-92 (с 1992 по 2000 год) период их аттестации, применяя термин сегодняшнего дня, вдруг стал составлять не 1 раз в 3 года, как у всех прочих специалистов, а 1 раз в 12 месяцев (пункт 7.4.7). И так продолжалось 8 лет!

Критерии вычленения этой категории специалистов из остального сообщества аттестуемых непонятны. Так и хочется задать вопрос «нормотворцам»: «Чем обязаны такому вниманию?».

Учитывая приведенные аргументы, пункт 150 ФНП получился явно неудачным и, на наш взгляд, подлежит гармонизации с Постановлением Правительства РФ от 25.10.2019 № 1365.

Существуют еще два момента, которые не хотелось бы потерять. Рассмотрим их ниже.

1. Аттестационная комиссия и комиссия по проверке знаний

Пунктом 20 «Положения об аттестации в области промышленной безопасности, по вопросам безопасности гидротехнических

сооружений, безопасности в сфере электроэнергетики» установлено, что

«Локальным нормативным актом организации могут быть установлены дополнительные формы проведения аттестации в аттестационной комиссии организации»

Исходя из того, что требования к организации работы комиссии по проверке знаний ФНП и должностных инструкций (п. 150 ФНП) не установлены, считаем возможным обязать аттестационную комиссию предприятия проводить и аттестацию, и проверку знаний указанных документов. Как мы видим из рассмотрения материалов, относящихся к проверке знаний, это вполне можно квалифицировать как «дополнительную форму проведения аттестации». Во ВНИИЭФ это закреплено в приказе от 27.10.2021 № 195/9147-П «О создании аттестационной комиссии РФЯЦ-ВНИИЭФ по промышленной безопасности» и неплохо работает, ведь компетенции членов аттестационной комиссии те же, что и компетенции членов комиссии по проверке знаний.

2. Организация проверки знаний специалистов прочих документов, связанных с эксплуатацией опасных производственных объектов

Хочется отметить, что требования п. 150 ФНП о необходимости проведения проверки знаний отдельной категории специалистов, не единственны. Так, аттестационная комиссия РФЯЦ-ВНИИЭФ проводит проверку знаний отраслевого стандарта «Оснастка технологическая для подъема и транспортирования. Эксплуатация и ремонт» ОСТ В 95 2708-95. Стандарт обязывает проходить проверку знаний работников, участвующих в продлении сроков службы технологической оснастки для перемещения специальных грузов.

С учетом опять же компетенции членов аттестационной комиссии предприятия эта дополнительная форма аттестации органично вписалась в формат работы комиссии и также закреплена локальным документом.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ВНУТРЕННЕГО КОНТРОЛЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ РФЯЦ-ВНИИЭФ

В. К. Кандишкин

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров

Введение

Наряду с установленными требованиями законодательства по осуществлению государственного пожарного надзора уполномоченными федеральными органами исполнительной власти, не менее важным является внутренний контроль обеспечения пожарной безопасности (далее – внутренний контроль), осуществляемый непосредственно организацией, эксплуатирующей объект пожарной защиты. Внутренний контроль особо важен в организациях, имеющих большое количество объектов пожарной защиты. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» (далее – РФЯЦ-ВНИИЭФ) является ярким примером такой организации. Высокая профилактическая ценность внутреннего контроля заключается также в стимулировании руководителей и работников подразделений на соблюдение требований безопасности и, что самое главное, позволяет выявить ключевые нарушения, влияющие на безопасную эксплуатацию объекта.

Организация и проведение контроля пожарной безопасности в подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ

Организация и проведение внутреннего контроля пожарной безопасности является комплексной задачей, которая требует для своего осуществления целого ряда организационно-контрольных мероприятий. Внутренний контроль в РФЯЦ-ВНИИЭФ осуществляют как работники функционального отдела группа пожарной безопасности отдела производственного контроля (далее – группа пожарной безопасности), так и назначенные распорядительными документами

работники в подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ. Группой пожарной безопасности проводятся проверки соблюдения требований пожарной безопасности в подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ.

Рассмотрим порядок организации и проведения контроля пожарной безопасности в подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ.

Основными документами, определяющими порядок организации и проведения внутреннего контроля пожарной безопасности РФЯЦ-ВНИИЭФ, являются стандарт организации СТО А СУБ 4518-2021 «Система управления безопасностью. Пожарная безопасность. Общие требования» [1], «Инструкция по контролю за соблюдением требований безопасности и охраны труда в РФЯЦ-ВНИИЭФ» А СУБ-ПК 11.0.01-2019 [2], а также «Инструкция по осуществлению производственного контроля обеспечения пожарной безопасности в подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ» А СУБ-ПК 11.2.01-2021 [3], разработанная в дополнение к инструкции А СУБ-ПК 11.0.01-2019 и предназначенная для работников подразделений РФЯЦ-ВНИИЭФ, осуществляющих контроль обеспечения пожарной безопасности.

В соответствии с инструкцией А СУБ-ПК 11.0.01-2019 основными процедурами внутреннего контроля за соблюдением требований пожарной безопасности являются:

- Планирование и организация контроля.
- Проведение контроля.
- Оформление результатов.
- Разработка рекомендаций по устранению выявленных нарушений.
- Контроль за выполнением мероприятий по устранению выявленных нарушений, выданных предписаний.

Основные процедуры контроля



Планирование и организация внутреннего контроля пожарной безопасности в подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ

Контрольная деятельность начинается с планирования контрольных мероприятий. Основанием для этого являются требования государственных нормативных актов по пожарной безопасности. Также учитываются результаты предыдущих проверок, акты расследования происшествий, задымлений, загораний, пожаров.

Основанием для проведения проверок является:

- годовой план производственного контроля за соблюдением требований безопасности и охраны труда в подразделениях предприятия;
- план производственного контроля подразделения;
- приказ главного инженера организации (подразделения РФЯЦ-ВНИИЭФ) о проведении проверки;
- мероприятия актов расследования пожаров.

Проведение внутреннего контроля пожарной безопасности в подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ и оформление результатов

В РФЯЦ-ВНИИЭФ работник, осуществляющий внутренний контроль обеспечения пожарной безопасности (далее – контролер), использует при проверке перечень вопросов по одному из видов безопасности, составленный на основании требований нормативных актов. Такой перечень вопросов существует и по пожарной безопасности, изложенный в Приложении № 19 инструкции А СУБ-ПК 11.0.01-2019. Необходимый перечень документов, используемых и разрабатываемых в подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ для целей организации функционирования системы обеспечения пожарной безопасности приведён в приложении В стандарта организации СТО А СУБ 4518-2021. Возможно использование проверочных листов (списки контрольных вопросов), Приказ МЧС России от 09.02.2022 № 78 «Об утверждении форм проверочных листов, применяемых должностными лицами органов государственного пожарного надзора МЧС России при осуществлении федерального государственного пожарного надзора» используемых должностными лицами государственного пожарного надзора при проведении проверок по контролю за соблюдением требований пожарной безопасности.

Согласно инструкции А СУБ-ПК 11.0.01-2019 виды контроля подразделяются на оперативные, целевые и комплексные проверки.

Комплексная проверка – плановая или внеплановая проверка деятельности подразделения (структурного звена подразделения) по нескольким вопросам обеспечения безопасности и охраны труда, проводимая комиссионно. Одним из направлений проверки в этом случае может быть пожарная безопасность.

Оперативная проверка – плановая или внеплановая проверка состояния безопасно-

сти и охраны труда в подразделении (структурном звене подразделения), проводимая одним или несколькими контролёрами по намеченному маршруту.

Целевая проверка – плановая или внеплановая проверка по одному из вопросов обеспечения безопасности и охраны труда, проводимая одним контролёром или комиссионно в одном или нескольких проверяемых подразделениях (структурных звеньях подразделений).

Результаты целевых и комплексных проверок оформляются предписанием (при необходимости) и актом и обсуждаются на итоговом заседании комиссии с руководством и специалистами проверяемого подразделения.

Разработка рекомендаций по устранению выявленных нарушений.

Контроль выполнения мероприятий по устранению выявленных нарушений и выданных предписаний

Рекомендации по устранению выявленных в ходе оперативных, целевых и комплексных проверок нарушений в области пожарной безопасности указываются в актах проверок. Контроль выполнения мероприятий по устранению выявленных нарушений возлагается на руководителей и главных инженеров подразделений. Выявленные нарушения учитываются в планах мероприятий по обеспечению пожарной безопасности подразделений РФЯЦ-ВНИИЭФ. Отчет подразделения о ходе выполнения мероприятий по устранению выявленных нарушений направляются не позднее 5 рабочих дней по истечению сроков исполнения, в адрес отдела проводившего проверку. Аналогичный порядок разработки рекомендаций по устранению выявленных нарушений и контроль выполнения мероприятий по устранению выявленных нарушений установлен и в подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ, в которых контроль пожарной безопасности осуществляют назначенные организационно-распорядительным документом работники.

Результаты целевых проверок соблюдения мер пожарной безопасности, проведенных специалистами группы пожарной безопасности, в структурных подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ за 2020–2022 гг.

Общее количество объектов пожарной защиты РФЯЦ-ВНИИЭФ – более 2 тыс. Это различные здания и сооружения, эксплуатируемые в 50 подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ.

Всего в период с 2020 по 31.10.2022 гг. в рамках целевых проверок соблюдения мер пожарной безопасности специалистами группы пожарной безопасности было проведено 17 проверок в подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ (5 – в 2020 году, 7 – в 2021 году, 5 – в 2022 году) (рис. 1).

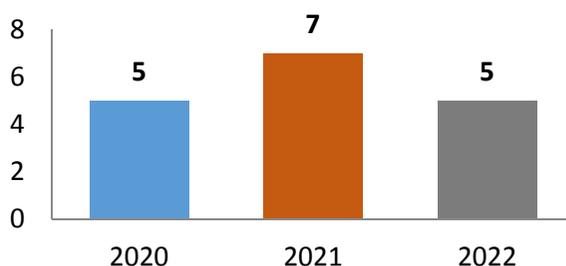


Рис. 1. Количество проверок в 2020–2022 гг.

При этом в рамках проведенных проверок выявлено нарушений требований пожарной безопасности в период с 2020 по 31.10.2022 гг. – 465 (156 – в 2020 году, 142 – в 2021 году, 167 – в 2022 году) (рис. 2).

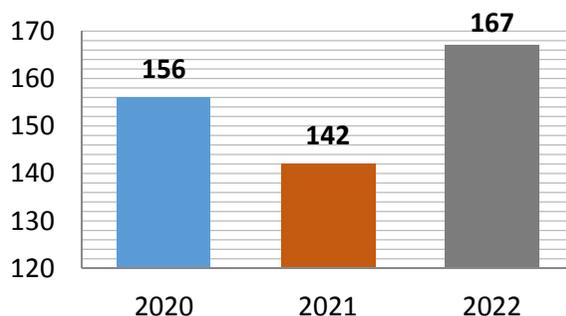


Рис. 2. Количество выявленных нарушений в 2020–2022 гг.

Всего в период с 2020 по 31.10.2022 гг. в результате проверок соблюдения мер пожарной безопасности в подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ специалистами группы пожарной безопасности было проверено 17 подразделений (5 – в 2020 году, 7 – в 2021 году, 5 – в 2022 году) (рис. 3).

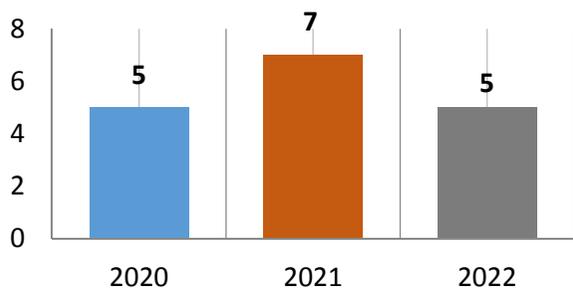


Рис. 3. Количество проверенных подразделений в 2020–2022 гг.

В данном случае количество проверенных подразделений не является показательным с точки зрения охвата проверяемых объектов, т.к. подразделения РФЯЦ-ВНИИЭФ отличаются по количеству эксплуатируемых объектов пожарной защиты. В этой связи более показательным будет количество объектов пожарной защиты РФЯЦ-ВНИИЭФ, проверенных в указанный период. Так, в период с 2020 по 31.10.2022 гг. количество проверенных объектов пожарной защиты – 133 (55 – в 2020 году, 39 – в 2021 году, 39 – 2022 году) (рис. 4).

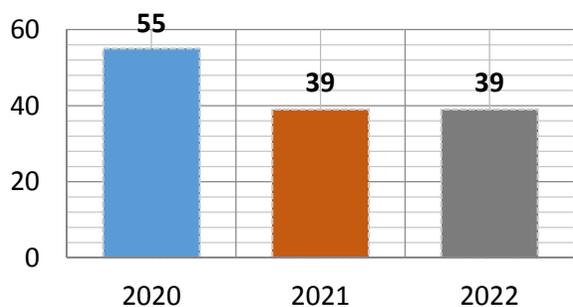


Рис. 4. Количество проверенных объектов пожарной защиты в 2020–2022 гг.

4. Характеристика нарушений, выявленных в ходе целевых проверок соблюдения мер пожарной безопасности

В ходе целевых проверок соблюдения мер пожарной безопасности в структурных подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ группой пожарной безопасности проверены различные здания, сооружения, пожарные отсеки и части зданий по классу функциональной пожарной опасности.

Нарушения, выявленные в ходе целевых проверок соблюдения мер пожарной безопасности в структурных подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ связаны:

- а) с документацией по пожарной безопасности;
- б) с обучением мерам пожарной безопасности;
- в) с эксплуатацией первичных средств пожаротушения (огнетушители, пожарные краны, щиты пожарные);
- г) с содержанием эвакуационных выходов и путей эвакуации (загромождение путей эвакуации, хранение на путях эвакуации материалов, планы эвакуации, знаки пожарной безопасности и т.д.);
- д) с эксплуатацией системам противопожарной защиты;
- е) с содержанием прилегающих территорий и противопожарных разрывов;
- ж) с режимом курения;
- з) с нарушением правил использования электросетей и электрооборудования;
- и) с хранением легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ);
- к) с ограничением распространения пожара в зданиях, сооружениях, пожарных отсеках;
- л) с категорированием по взрывопожарной и пожарной опасности помещений;
- м) с иными отступлениями.

Количество нарушений, выявленных в ходе проверок организации противопожарной работы в структурных подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ в период с 2020 по 31.10.2022 гг. приведены в рис. 5.

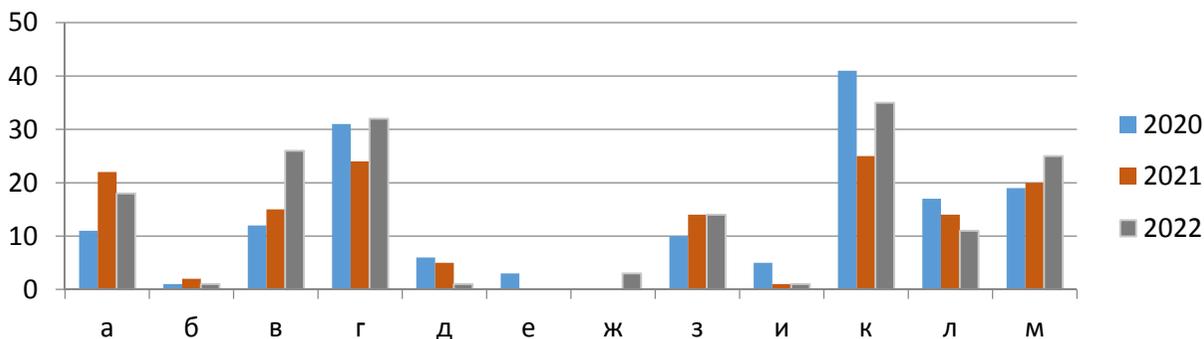


Рис. 5. Количество нарушений, выявленных в ходе целевых проверок соблюдения мер пожарной безопасности в структурных подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ

Приведенные на рис. 5 сведения показывают нам, что наибольшее количество нарушений выявленных в ходе проверок, относятся к нарушениям, связанным с ограничением распространения пожара в зданиях, сооружениях, пожарных отсеках, а также к нарушениям, связанным с эвакуационными выходами и путями эвакуации (загромождение путей эвакуации, хранение на путях эвакуации материалов, планы эвакуации, знаки пожарной безопасности и т.д.).

Аналитические сведения о выявленных нарушениях

Все выявленные в ходе проверок нарушения анализируются и оцениваются по четырём параметрам:

- область нарушения;
- уровень ответственности за нарушение;
- причина нарушения (выражается в числовом коде);

– повторяемость нарушения.

Параметр «**Область нарушения**» позволяет отнести нарушение к определенному виду безопасности. При нарушениях в области пожарной безопасности, параметр обозначается кодом «ПБ». При нарушениях, связанных с подготовкой и допуском персонала к работам, параметр обозначается кодом «ДП».

Параметр «**Область ответственности**» позволяет выявить уровень ответственности каждого конкретного нарушения. Это могут быть как отдельно взятые лица, от работников на местах до руководителя подразделения, так и функциональные службы подразделения или предприятия в целом. Анализ сведений по данному параметру позволяет определить на каком уровне в управленческой и контролирующей иерархии происходит больше всего нарушений. Кодировка нарушений по области ответственности приведена в табл. 1.

Таблица 1

Кодировка нарушений по области ответственности

№	Область ответственности	Код
1	Руководитель подразделения	РП
2	Главный инженер (зам. по ИТВ) подразделения	ГИП
3	Функциональные службы подразделения	ФСП
4	Работники на местах	Р
5	Руководитель структурной единицы подразделения	РСП
6	Функциональная служба (функциональный отдел) предприятия <i>Указывается код конкретной функциональной службы (отдела)</i>	

Кодировка нарушений по вероятным причинам появления

№	Причина нарушения	Код
1	Ошибочная расстановка приоритетов в деятельности руководства, персонала (невыполнение требований и нормативов в области безопасности из-за приоритета получения результатов в области производственной или научной деятельности).	1
2	Личный (человеческий) фактор: Сознательные (бессознательные) действия или бездействия руководства, персонала, рабочего персонала направленные во вред обеспечения безопасности.	2
3	Недостаточная обученность руководства, персонала.	3
4	Неэффективность (отсутствие) контроля обеспечения безопасности со стороны ответственных должностных лиц (служб).	4
5	Недостаточное финансирование мероприятий по обеспечению безопасности.	5
6	Сжатые сроки реализации требований НТД.	6
7	Отсутствие (несоответствие) нормативной базы (устаревшие, не актуализированные требования) организации.	7
8	Низкая организация (ненадлежащее планирование, обеспечение и контроль выполнения) работ по приведению к требованиям по безопасности.	8
9	Прочие причины.	9

Параметр **«Вероятная причина нарушения»** показывает, что стало причиной допущения того или иного нарушения. Кодировка нарушений по вероятным причинам появления приведена в табл. 2.

Параметр **«Повторяемость нарушения»** показывает нарушения, имеющие тен-

денцию к повторению, несмотря на однократное или неоднократное выявление их контролером ранее.

Пример оформления аналитических сведений по четырем параметрам приведен в табл. 3.

Аналитические сведения в период с 2020 по 31.10.2022 гг. приведены в табл. 4.

Пример оформления аналитических сведений о выявленных нарушениях

№ п/п	Содержание замечания	Область нарушения	Область ответственности	Вероятная причина	Повторяемость нарушения
1	Загроможден проход к первичным средствам пожаротушения (огнетушителям).	ПБ	РСП	3, 9	П

Аналитические сведения период с 2020 по 2022 гг.

№ п/п	Параметры	2020	2021	2022	Итого
1	Область ответственности	РП – 108 нарушений ГИП – 6 нарушений ФСП – 6 нарушений РСП – 36 нарушений	РП – 107 нарушений ГИП – 8 нарушений ФСП – 17 нарушений РСП – 10 нарушений	РП – 117 нарушений ГИП – 26 нарушений ФСП – 13 нарушений РСП – 11 нарушений	РП – 332 нарушений ГИП – 40 нарушений ФСП – 36 нарушений РСП – 57 нарушений
2	Вероятная причина	9 – 3 замечания 3, 9 – 115 замечаний 3, 5, 9 – 38 замечаний	3, 9 – 123 замечаний 3, 5, 9 – 19 замечаний	3, 9 – 141 замечаний 3, 5, 9 – 26 замечаний	9 – 3 замечания 3, 9 – 379 замечаний 3, 5, 9 – 83 замечаний
3	Повторяемые нарушения	–	–	–	–

Из табл. 4 видно, что наиболее часто ответственными за нарушения являются руководители подразделений, а также руководители структурных звеньев подразделений. При этом наиболее частой вероятной причиной нарушения, наряду с прочими причинами, является недостаточная обученность руководства и персонала.

Заключение

Установленный в РФЯЦ-ВНИИЭФ порядок организации и проведения внутреннего контроля пожарной безопасности позволяет не только эффективно осуществлять внутренний контроль, но и имеет высокую профилактическую ценность в части предупреждения пожаров.

Анализ нарушений выявленных в результате внутреннего контроля пожарной безопасности в структурных подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ показывает, что в целом организация противопожарной работы в структурных подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ находится на приемлемом уровне. При этом наиболее частыми нарушениями, выявленными в ходе проверок, являются нарушения, связанные с ограничением распространения пожара в зданиях, сооружениях, пожарных

отсеках, а также нарушения, связанные с эвакуационными выходами и путями эвакуации (загромождение путей эвакуации, хранение на путях эвакуации материалов, планы эвакуации, знаки пожарной безопасности и т.д.).

Отступления от требований нормативных документов по пожарной безопасности, приведшие к нарушениям и предусмотренные к реализации актами внутреннего контроля обеспечения пожарной безопасности и организации противопожарной работы в структурных подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ устраняются, о чем подразделениями представляются соответствующие отчетные сведения.

Список литературы

1. Стандарт организации СТО А СУБ 4518-2021 «Система управления безопасностью. Пожарная безопасность. Общие требования».
2. «Инструкция по контролю за соблюдением требований безопасности и охраны труда в РФЯЦ-ВНИИЭФ» А СУБ-ПК 11.0.01-2019.
3. «Инструкция по осуществлению производственного контроля обеспечения пожарной безопасности в подразделениях РФЯЦ-ВНИИЭФ» А СУБ-ПК 11.2.01-2021.

СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ (по материалам презентации)

М. С. Свинкина., В. С Гуляев

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров

В исполнении решения «Сбора уполномоченных по культуре безопасности подразделений РФЯЦ-ВНИИЭФ» от 15.03.2022 № 195-2071/56089 с целью развития культуры безопасности в НИИК был создан актив по культуре безопасности, в который входят представители от каждого структурного звена. Уполномоченным по культуре безопасности в подразделении является Лобачев Алексей Ильич – заместитель начальника испытательного отдела – начальник испытательной группы.

План работы актива по культуре безопасности на 2022 год:

1) изучение положения и декларации по культуре безопасности в ядерном оружейном комплексе;

2) прохождение курсов по культуре безопасности на отраслевом образовательном портале ml.rosatom;

3) разработка проектов «Уголка по культуре безопасности» и «Доски решения проблем»;

4) пропаганда культуры безопасности в структурных звеньях, выявление проблем и пути их решения.

«Уголок по культуре безопасности» включает в себя размещение печатных версий:

– обращения Лихачева Алексея Евгеньевича – генерального директора Госкорпорации «Росатом», Адамчика Сергея Анатольевича – генерального инспектора Госкорпорации «Росатом», Костюкова Валентина Ефимовича – директора РФЯЦ-ВНИИЭФ;

– Единой отраслевой политики культуры безопасности Госкорпорации «Росатом» и её организаций;

– декларации о культуре безопасного поведения;

– основных терминов и понятий по культуре безопасности.

Кроме того, в Уголке размещается информация о составе активной группы по развитию культуры безопасности в НИИК КБ-1 и другие актуальные сведения.

«Доска решения проблем» представлена в табл. 1.

Выявленные проблемы в НИИК КБ-1

1) Рост численности популяции собак.

Кормление животных сотрудниками является одной из причин увеличения численности собак. Для решения данной проблемы были разработаны правила поведения при встрече с бродячими собаками, с которыми ознакомился каждый сотрудник, работающий на площадке.

Так же сотрудники прошли повторный инструктаж «Инструкции по охране труда для работников РФЯЦ-ВНИИЭФ при нахождении в помещениях и на территории РФЯЦ-ВНИИЭФ», где сказано: «Не прикармливайте животных на территории РФЯЦ-ВНИИЭФ, исключите доступ к легко добываемой пище, не оставляйте открытыми контейнеры для твердых бытовых отходов, не допускайте появление разного рода свалок пищевых отходов, не оставляйте в пластиковой таре в доступных местах горючие вещества (солярку, бензин, керосин)».

2) Неудовлетворительное состояние дорог.

«Доска решения проблем»

Наименование проблемы	Предполагаемое решение	Срок реализации	Ответственный за реализацию	Отметка об устранении
Не всегда столы в комнатах приема пищи в двух зданиях подвергаются тщательной уборке после каждого использования	Провести разъяснительную беседу с сотрудниками о необходимости содержания столов для приема пищи зданий в чистоте	22.09.2022	Руководители структурных звеньев	Выполнено
На территории площадки сотрудниками осуществляется кормление животных, что приводит к росту численности популяции собак	Провести разъяснительную беседу с сотрудниками о запрете кормления собак, находящихся на территории площадки	22.09.2022	Руководители структурных звеньев	Выполнено
	Организовать отлов собак с последующим вывозом с площадки	30.06.2023	Заместитель главного инженера	
Неудовлетворительное состояние дорог (разрушенное покрытие, ямы, пыль, грязь)	Организовать проведение локальных восстановительных работ дорожного покрытия на площадке	01.09.2023	Заместитель главного инженера	
	Организовать осуществление контроля над состоянием дорожного покрытия	Регулярно	Заместитель главного инженера	

В связи со строительными работами на площадке локально была нарушена целостность дорожного покрытия. Для решения данной проблемы были выполнены локальные восстановительные работы дорожного покрытия, а также решено регулярно осуществлять контроль над состоянием дорог.

3) Ненадлежащее состояние комнаты приёма пищи.

Во время обхода рабочих мест в ходе диалога с работниками выяснилось, что комната приема пищи не всегда подвергается тщательной уборке после использования. Для решения данной проблемы была проведена разъяснительная беседа уполномоченного по культуре безопасности с работниками о последствиях нарушений ФЗ и локально нормативно-правовых актов по промышленной санитарии (мыши, тараканы и т.д.) и возможного заражения ГЛПС.

Уполномоченными по культуре безопасности используется раздаточный материал в виде блокнота для посещения производственных площадок, в котором ведётся запись о работниках, с кем непосредственно был проведён диалог, выявленные проблемы и пути их решения.

Результаты деятельности уполномоченного и актива по культуре безопасности

Для контроля деятельности уполномоченного и актива по культуре безопасности каждый квартал разрабатывается:

- план работы уполномоченного по культуре безопасности (содержание работы, срок исполнения, отчетный документ);
- отчет о работе в качестве уполномоченного по культуре безопасности, который

утверждается заместителем главного конструктора РФЯЦ-ВНИИЭФ – начальником научно-исследовательского испытательного комплекса.

Вовлеченность сотрудников в совершенствование и развитие культуры безопасности

Для развития навыков и компетенций в сфере культуры безопасности молодые и более опытные сотрудники принимают участие в отраслевых мероприятиях в области безопасности. За последнее время сотрудники приняли участие в мероприятиях:

– молодежный форум по культуре безопасности ЯОК в ФГУП ПСЗ (онлайн трансляция).

– проект «ИнфоЧас» «Вместе за безопасность! Развитие культуры безопасного поведения».

– КВИЗ по профилактике травматизма.

Статистика прохождения курсов по культуре безопасности и охране труда

Уполномоченными по культуре безопасности проанализировано два курса: «Развитие культуры безопасного поведения» и «Охрана труда, промышленная безопасность и экология». По итогам их прохождения из общего количества работников прошло 216 человек (72,9%), из них 155 специалистов (70,77%) и 61 руководитель (79,2%). Это выше 50%, что является хорошим результатом.

Результаты управленческого диктанта

По результатам управленческого диктанта процент по модулю «культура безопасности» (вопрос № 17) составил 37%, а по вопросу № 18 составил 31,2%, что является достаточно низким показателем. Поэтому руководящим сотрудникам рекомендовано пройти следующие курсы:

– «Открытый диалог с работниками – первый шаг к снижению травматизма»;

– «Проведение наблюдений за работой персонала»;

– «Формирование культуры безопасности в команде».

Статистика прохождения курса «Основы управления рисками»

В соответствии с приказом заместителя директора РФЯЦ-ВНИИЭФ по управлению персоналом работники структурных подразделений должны до 30.12.2022 изучить курс «Основы управления рисками» на отраслевом базовом портале. По итогам прохождения на 01.09.2022 из общего количества работников курс изучили 102 сотрудника (34%), из них специалисты 32,8%, а руководители 38,9%.

План работы актива по культуре безопасности в подразделении на 2023 год:

– обучение не менее 50% работников по курсу «Основы управления рисками» на отраслевом образовательном портале;

– проведение проверок соблюдения требований безопасности и охраны труда с участием членов актива по культуре безопасности совместно с представителями охраны труда;

– участие в отраслевых конференциях (семинарах) по обеспечению безопасности и охраны труда, развитию и совершенствованию культуры безопасности;

– проведение сборов актива по культуре безопасности;

– проведение прямых диалогов с руководителями и сотрудниками о безопасности;

– обеспечение коммуникаций с работниками по вопросам охраны труда и культуры безопасности;

– повышение уровня компетенций руководящего состава и сотрудников, изучая курсы на образовательном портале Росатома, информационные и презентационные материалы на страницах «Охрана труда», «Культура безопасности» портала РФЯЦ-ВНИИЭФ.

ДОСТАВКА И НАВЕДЕНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА МИШЕНЬ В ПЕРВЫХ ОПЫТАХ НА КАМЕРЕ МНОГОЦЕЛЕВОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА УСТАНОВКИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Д. В. Бакайкин, А. В. Андраманов, В. Е. Гаганов, С. Ф. Попов., И. И. Соломатин

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров

Введение

Многоцелевой исследовательский комплекс является составной частью установки нового поколения и предназначен для проведения экспериментов по моделированию различных физических явлений с использованием лазерного излучения 16-и лазерных каналов (2-х силовых модулей) установки [1]. Генерация и накопление энергии лазерного луча происходит на длине волны 1054 нм, а воздействие на мишень происходит при помощи излучения второй гармоники на длине волны 527 нм. Кристалл преобразователь частоты находится рядом с пятым поворотным зеркалом системы транспортировки лазерного излучения, а само зеркало применяется непосредственно для наведения лазерного излучения на мишень. Сразу за пятым поворотным зеркалом находится линза финального оптического модуля (ФОМ), которая фокусирует силовое лазерное излучение на мишень. Лучи первой и второй гармоники в фокальной плоскости второй гармоники линзы ФОМ пространственно разведены. Поэтому, точное наведение на мишень силового излучения второй гармоники $\lambda = 527$ нм можно провести только если есть юстировочный пучок с $\lambda = 527$ нм, который должен падать на линзу ФОМ в точности по направлению силового излучения. Трудность наведения лазерного излучения на мишень в первых опытах заключалась во временном отсутствии зелёного юстировочного лазера. Была предпринята попытка разработать способ наведения на мишень при помощи юстировочного излучения с $\lambda = 1054$ нм [2].

В данной работе описаны расположение и настройка основных составных частей установки нового поколения. Описаны принципы наведения лазерного излучения с $\lambda = 1054$ нм на мишень и приведены результаты первых экспериментов.

Составные части установки нового поколения

Силовой усилитель

Силовой усилитель установки нового поколения предназначен для генерации и накопления энергии лазерного излучения и построен по модульному принципу. 192 лазерных канала состоят из 24 модулей по 8 каналов в каждом. Каждый модуль работает по четырехпроходной схеме.

Транспортная система

Система транспортировки служит для передачи с помощью зеркал силового лазерного излучения на первой гармонике от ТПФ каждого канала до кристалла-преобразователя во вторую гармонику, далее через финальный оптический модуль к мишени, расположенной в цилиндрической мишенной камере. Из восьми лазерных пучков одного модуля с помощью зеркал системы транспортировки формируются два кластера по четыре лазерных пучка в каждом, которые вводятся в мишенную камеру. Первое поворотное зеркало транспортной системы устанавливается за выходной линзой транспортного пространственного фильтра, затем идёт второе зеркало, направляющее излучение на третье и дальше падая на четвертое зеркало

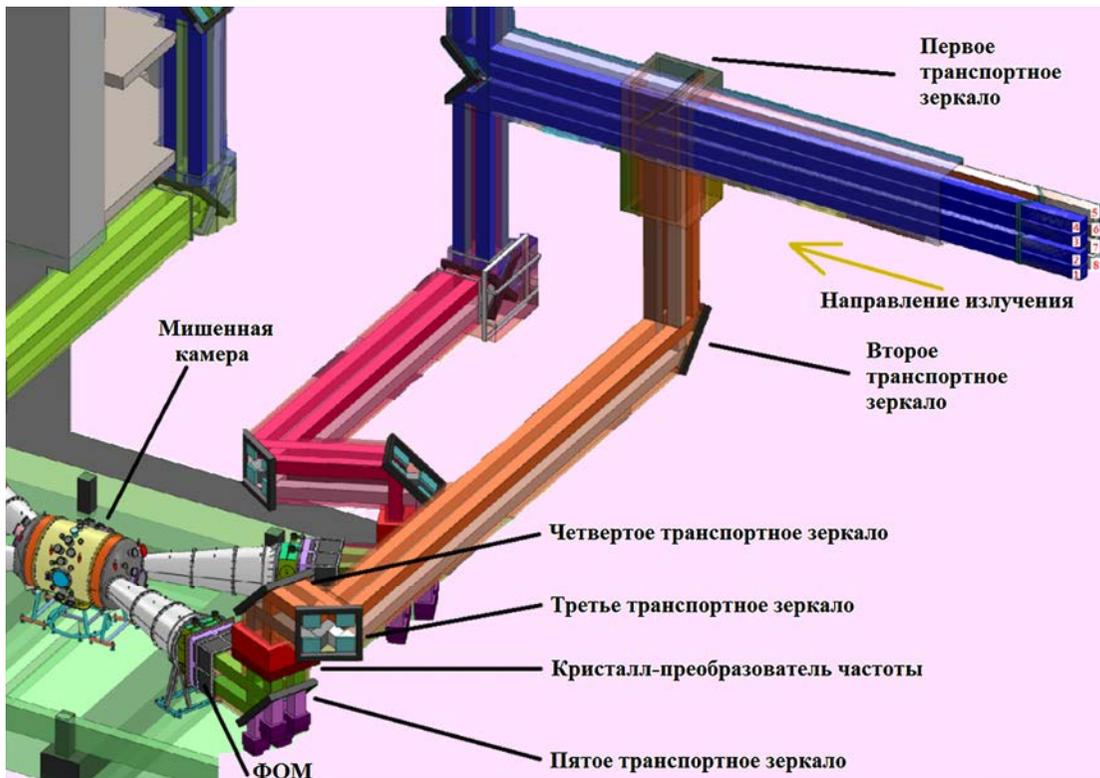


Рис. 1. Транспортная система МИК

пучок проходит через кристалл-преобразователь частоты. Последнее – пятое зеркало транспортной системы установлено перед финальным оптическим модулем на одинаковом расстоянии для всех лазерных каналов. С помощью этого зеркала осуществляется финальная стадия наведения излучения

на мишень. На рис. 1 представлена транспортная система МИК двух кластеров лазерной установки.

Финальный оптический модуль

Финальный оптический модуль (ФОМ) служит для пространственного разведения излучения первой и второй гармоники и последующей фокусировки излучения с длиной волны 527 нм на мишени прямого и непрямого облучения.

В составе конструкции МИК входят 4 финальных оптических модуля, каждый из которых предназначен для фокусировки четырех лазерных пучков, расположенных в конфигурации 2×2 . Все они равномерно расположены вокруг камеры взаимодействия. На рис. 2 показана фотография камеры взаимодействия МИК.



Рис. 2. Внешний вид камеры взаимодействия МИК

Способ наведения лазерных пучков на мишень, результаты первых экспериментов

Как было сказано ранее, сразу за пятым поворотным зеркалом находится линза ФОМ, которая фокусирует силовое лазерное излучение на мишень. На рис. 3 схематично показаны положения линз ФОМ и траектории лазерных пучков первой и второй гармоник. Из данной схемы видим, что в фокальной плоскости второй гармоники лазерные лучи первой и второй гармоник пространственно разведены. Поэтому точное наведение на мишень силового излучения второй гармоники $\lambda = 527$ нм можно провести только если есть юстировочный пучок с $\lambda = 527$ нм, который должен падать на

линзу ФОМ в точности по направлению силового излучения с $\lambda = 1054$ нм.

Трудности в наведении излучения на мишень заключались во временном отсутствии юстировочного лазера на длине волны 527 нм, поэтому, к моменту проведения первых опытов на камере МИК была предпринята попытка разработать способ наведения на мишень при помощи юстировочного излучения с $\lambda = 1054$ нм.

Итак, исходим из того, что для ФОМ точно знаем расстояние до фокальных плоскостей $f_{1054} = 6983$ мм и $f_{527} = 6813$ мм, которые ранее были измерены на стенде.

На рис. 4 представлена общая схема заведения лазерных лучей одного кластера в камеру МИК.

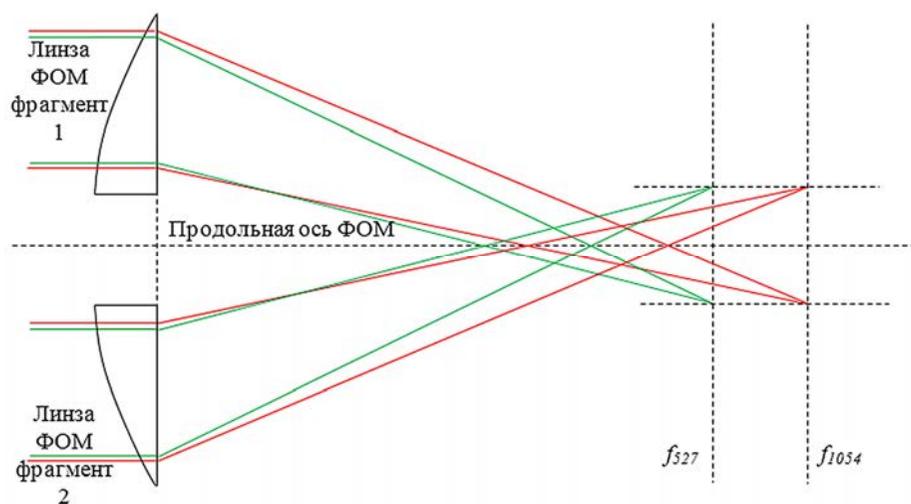


Рис. 3. Схема траектории лазерных пучков первой и второй гармоник после ФОМ

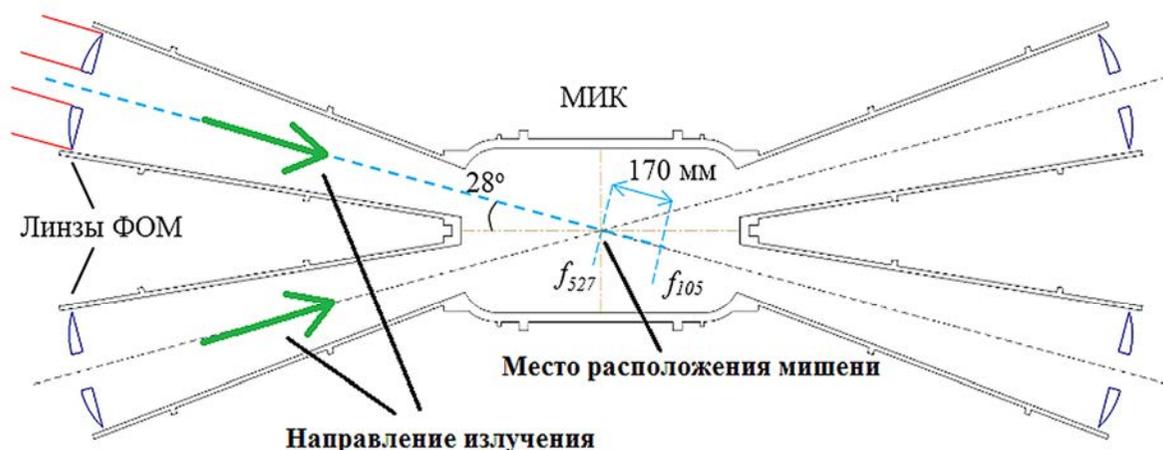


Рис. 4. Общая схема заведения лазерных лучей одного кластера в камеру МИК (вид сверху)

Поскольку в настоящее время есть юстировочные пучки первой гармоники, распространяющиеся в точности по пути силового излучения, то была предпринята попытка использовать их для наведения силовых пучков второй гармоники на мишень.

Перед этим камера МИК была оборудована двумя временными датчиками центра мишенной камеры (ДЦМК), которые включают в себя цифровые камеры для диагностики наведения излучения на мишень.

В первом опыте с мишенью в виде конуса, покрытого изнутри плёнкой из $SxDu$, требовалось провести сведение силовых лазерных пучков перед плоскостью основания конуса, при этом основание конуса обращено к ФОМ, как показано на рис. 5.

Высота конуса составляет 20 мм, основание конуса расположено на расстоянии от $f_{1054} - 158$ мм, как показано на рис. 5.

В результате была выбрана следующая стратегия первого пристрелочного опыта:

1) перпендикулярно продольной оси симметрии ФОМ данного кластера, проходящей через центр камеры МИК, на расстоянии 150 мм от центра камеры МИК (в направлении распространения лазерных лучей), устанавливаем экран для контроля

настройки сведения лазерных пучков излучения первой гармоники;

2) после сведения лазерных пучков излучения первой гармоники по пункту 1, перпендикулярно продольной оси симметрии ФОМ данного кластера вдвигаем экран-мишень, расположенную на расстоянии 150 мм ближе к ФОМ так, что центр экрана совпадает с центром камеры МИК.

В результате попадания на экран-мишень силовых пучков второй гармоники в первом пристрелочном опыте можно будет оценить, как расположить пучки первой гармоники в плоскости f_{1054} так, чтобы в плоскости $f_{1054} - 158$ мм силовые пучки второй гармоники уместились в апертуре основания конуса $\varnothing \leq 5$ мм.

Во время подготовки к пристрелочному опыту для сведения лазерных пучков $\lambda = 1054$ нм, в середине алюминиевого экрана было просверлено отверстие диаметром ≤ 1 мм, в которое наводилось юстировочное излучение с $\lambda = 1054$ нм. Экран-мишень была установлена в фокальную плоскость f_{1054} , перпендикулярно продольной оси ФОМ.

Сведение лазерных пучков $\lambda = 1054$ нм проводили по следующей схеме: перемещение лазерного пятна по экрану производится

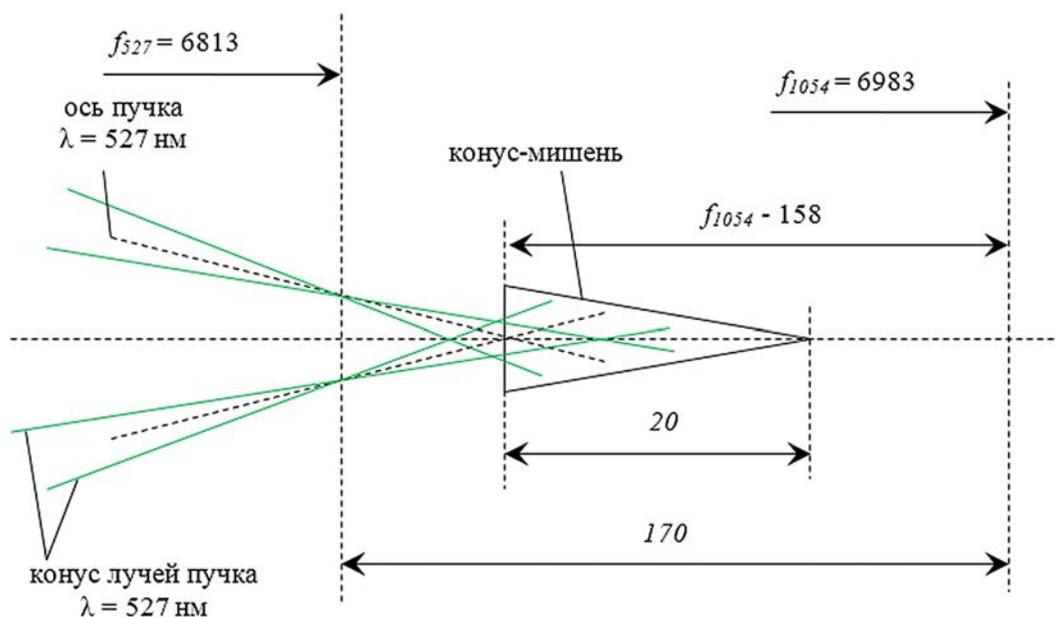


Рис. 5. Схема наведения силовых лазерных пучков на конусную мишень

заклонами пятого транспортного зеркала, которое управляется шаговыми моторами. Поэтому было определено число шагов мотора при движении фокального пятна, например, по горизонтальному диаметру отверстия. То есть требовалось выставить каждый из четырёх пучков на край отверстия, а затем передвинуть внутрь отверстия на определённое число шагов.

На рис. 6 представлена фотография подсвеченного отверстия с камеры ДЦМК.

В итоге был произведён выстрел по экрану-мишени, установленному в плоскости $f_{1054} = 150$ мм. Результаты опыта представлены на рис. 7.

Видно, что отверстия от силовых пучков излучения второй гармоники расположены в вершинах квадрата со стороной $\sim 4,3$ мм, как показано на рис. 7.

Результаты опыта по изучению сведения пучков можно интерпретировать следующим образом. Так как экран-мишень была установлена за фокальной плоскостью f_{527} , то можно предположить, что осевые пучки излучения второй гармоники пересекли продольную ось симметрии ФОМ данного кластера, как показано на рис. 8.

На основании рис. 8 был проведён расчёт смещения фокальных пятен излучения первой гармоники в фокальной плоскости f_{1054} так, чтобы в плоскости основания конуса лазерные пучки $\lambda = 527$ нм уместились в апертуре основания конуса $\varnothing \leq 5$ мм.

Расчёт проводился по следующей схеме:

Прямая ОМ – продольная ось симметрии ФОМ. ZM и ZP осевые лучи пучков $\lambda = 1054$ нм и $\lambda = 527$ нм – соответственно, которые начинаются в середине апертуры линзы ФОМ. М – точка пересечения луча первой гармоники с продольной осью симметрии ФОМ в фокальной плоскости первой гармоники $f_{1054} = 6983$. P – точка попадания луча второй гармоники на экран-мишень в пристрелочном эксперименте. По результатам пристрелочного эксперимента $PT \approx 2,15$ мм.

А – точка центра основания конуса-мишени (по условиям опыта, расположенная на

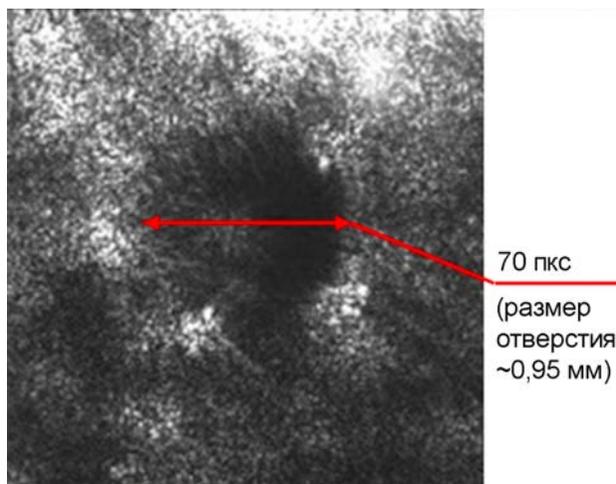


Рис. 6. Фотографии подсвеченного отверстия с камеры ДЦМК

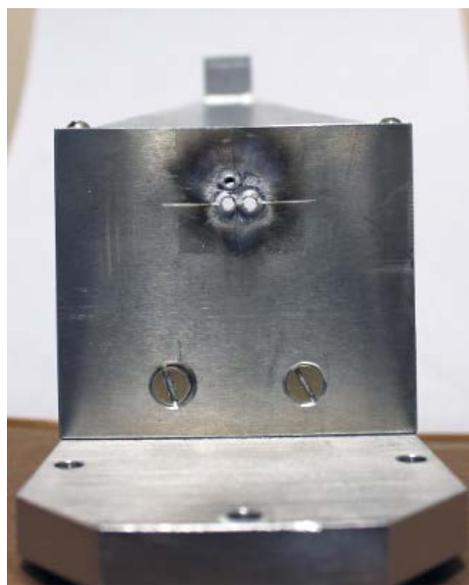


Рис. 7. Фотография мишени пластины после проведения опыта

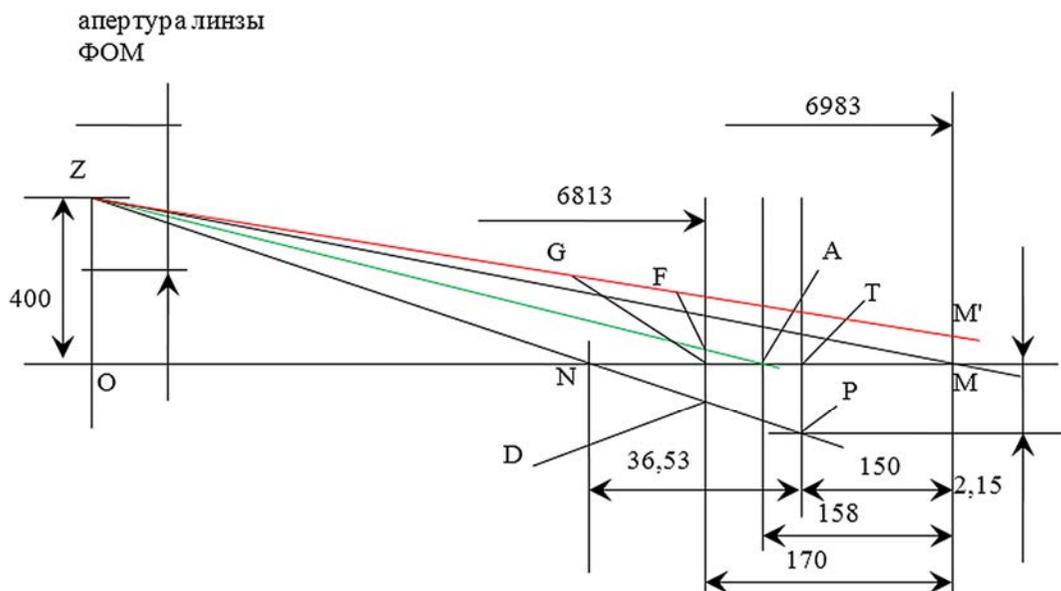


Рис. 8. Положение осевых лучей лазерных пучков первой и второй гармоник, относительно продольной оси симметрии ФОМ

158 мм левее относительно фокальной плоскости $\lambda = 1054$ нм). Поэтому ZA – искомый осевой луч пучка $\lambda = 527$ нм. Идея для расчёта состоит в вычислении угла смещения $\Delta\phi_{527}$ осевого луча ZA относительно осевого луча ZP (ZP – луч пристрелочного эксперимента). Лазерные пучки первой и второй гармоник падают на линзы ФОМ под одинаковым углом, значит сдвиг на угол смещения $\Delta\phi_{527}$ излучения $\lambda = 527$ нм приведёт к такому же угловому сдвигу излучения $\lambda = 1054$ нм. Следовательно, можно вычислить пространственный сдвиг положения фокальных пятен в фокальной плоскости $f_{1054} = 6983$. Это позволит провести наведение на мишень при помощи юстировочного излучения $\lambda = 1054$ нм.

Итак,

$$\Delta\phi_{527} = \frac{FD}{f_{527}}, \quad (1)$$

где F – точка пересечения лучом ZA плоскости f_{527} , D – точка пересечения лучом ZP плоскости f_{527} .

Треугольники ZNO и PNT подобны, поэтому

$$NT = \frac{6833 \cdot PT}{ZO + PT} = 36,531 \quad (2).$$

Треугольники NTP и NGD подобны, поэтому

$$GD = \frac{NG \cdot PT}{NT} = 0,973 \quad (3).$$

Треугольники ZAO и FAG подобны, поэтому

$$FG = \frac{ZO \cdot AG}{OA} = 0,703 \quad (4).$$

$$FD = FG + GD = 1,676 \quad (5)$$

Тогда сдвиг осевого луча ZM составит:

$$MM' = \frac{FD}{f_{527}} \cdot f_{1054} = 1,718 \quad (6).$$

На рис. 9 представлена карта расположения лучей в фокальной плоскости f_{1054} .

Настройка проводилась следующим образом:

1) любым из лазерных каналов наводимся на край отверстия $\varnothing = 1$ мм при этом край отверстия рассеивает излучение и на цифровой камере ДЦМК видим изображение отверстия.

2) Вокруг изображения отверстия рисуем реперные окружности, равные ему по

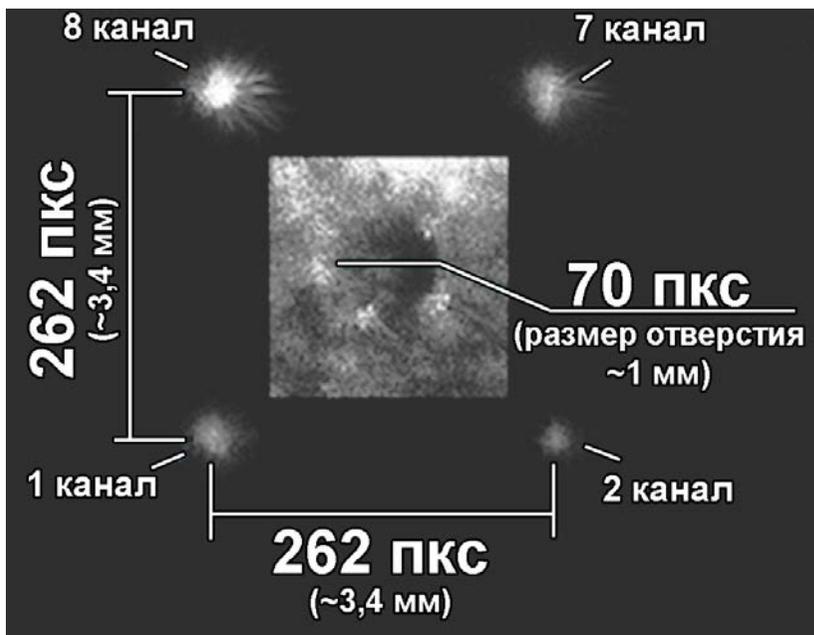


Рис. 9. Схема расположения юстировочных пучков $\lambda = 1054$ нм в фокальной плоскости f_{1054}

диаметру. Описываем окружности квадратом. Теперь, если мысленно перенести изображение квадрата в плоскость f_{1054} , то сторона квадрата будет иметь размер 3 мм.

Измерение диаметра фокальной перетяжки излучения юстировочного пучка $\lambda = 1054$ нм показало:

- размер фокального пятна (по основанию) ≈ 31 пиксель;
- размер пикселя – 7,4 мкм;
- коэффициент перестроения продольного ДЦМК ≈ 2 раза.

Поэтому фокальное пятно ≈ 460 мкм, а половина диаметра пятна $\approx 0,23$ мм.

Из формулы (6) следует, что в плоскости f_{1054} лазерные пучки $\lambda = 1054$ нм следует расположить со смещением относительно центра юстировочного отверстия по вертикали и горизонтали на $\sim 1,7$ мм, то есть в вершинах квадрата со стороной $\sim 3,4$ мм, или чтобы края фокальных пятен касались углов квадрата 3×3 мм как показано на рис. 9.

В результате был проведён опыт по воздействию лазерных пучков на коническую мишень. На рис. 10 представлена фотография установленной конусной мишени.



Рис. 10. Фотография установленной конусной мишени

Фотография узла крепления конуса после проведения опыта представлена на рис. 11.

По фотографиям видим, что отверстие, где крепился конус, осталось круглым и деформировано симметрично. Поэтому можно предполагать, что лазерные пучки были наведены правильно.

В следующем эксперименте на камере МИК требовалось сведение лазерных пучков в фокальной плоскости f_{527} на плоской алюминиевой мишени. По аналогичным предположениям и формулам (1)–(6) были рассчитаны положения осевых пучков излучения $\lambda = 1054$ нм, когда осевые пучки излучения



Рис. 11. Фотография места крепления конусной мишени после опыта

Рис. 12. Фотография плоской мишени после проведения опыта

$\lambda = 527$ нм будут сведены в фокальной плоскости f_{527} . В результате был проведён третий опыт с плоской алюминиевой мишенью. Фотография мишени после проведения опыта представлена на рис. 12.

По фотографиям видно, что на мишени образовался кратер диаметром $\sim 4,3$ мм и глубиной $> 3,5$ мм. Кратер имеет круглую форму, хотя одновременно воздействовало четыре лазерных пучка. Это говорит о том, что описанный способ наведения пучков $\lambda = 527$ нм по юстировочным пучкам $\lambda = 1054$ нм не имеет серьёзных ошибок и продемонстрировал хорошую работоспособность.

Заключение

В данной работе была разработана методика наведения лазерных пучков с $\lambda = 527$ нм при помощи юстировочных пучков с $\lambda = 1054$ нм. Данная методика может быть применена лишь для наведения четырёх пучков одного кластера лазерного модуля.

Проведены три успешных опыта с различными типами мишеней на камере взаимодействия МИК с использованием одного кластера установки нового поколения.

Приведены результаты данных экспериментов, позволяющие сделать вывод, что примененный способ наведения на мишень не имеет серьёзных ошибок и продемонстрировал хорошую работоспособность.

Список литературы

1. Александров В. А., Андранов А. В., Бельков С. А., и др. Система автоматической юстировки многопроходного восьмиканального силового модуля мегаджоульного лазера // Оптический журнал. 2018. Т. 85, № 11. С. 39–49.
2. Андранов А. В., Гаганов В. Е., Глушков М. С., Соломатин И. И. Способ наведения частотно преобразованного излучения канала лазерной установки на мишень // Патент РФ на изобретение № 2758944 от 03.11.2021 г.

ВОВЛЕЧЕНИЕ ПЕРСОНАЛА В РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И СОЗДАНИЕ ЗДОРОВЫХ И БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА

Н. С. Хохлов, К. В. Грехова

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина», г. Снежинск

РФЯЦ-ВНИИТФ осознает свою ответственность за обеспечение безопасности производственных процессов, условий труда, защиту здоровья работников в условиях быстрого развития производства, при которых важнейшее значение имеет гарантия соблюдения основополагающих принципов обеспечения приоритета сохранения жизни и здоровья работников.

Основные направления политики в сфере охраны труда:

- предоставление трудящимся возможности работать в безопасных условиях;
- обеспечение выполнения установленных правил и требований, касающихся сферы охраны труда.

Основные принципы деятельности предприятия в области охраны труда:

- признание и обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников в процессе их трудовой деятельности;
- постоянное совершенствование деятельности и повышение компетентности работников в области охраны труда;
- соответствие условий труда на рабочих местах требованиям охраны труда;
- выполнение последовательных и непрерывных мер (мероприятий) по предупреждению происшествий и случаев ухудшения состояния здоровья работников, производственного травматизма и профессиональных заболеваний, в том числе посредством управления профессиональными рисками;
- системность в работе по обеспечению персонала средствами индивидуальной за-

щиты от вредных и (или) опасных производственных факторов, соответствующих современному уровню науки и техники в области охраны труда;

- открытость значимой информации о деятельности в области охраны труда;
- стремление к достижению у всех работников предприятия понимания, что выполнение требований охраны труда является неотъемлемой частью их трудовой деятельности;
- непрерывное совершенствование и повышение эффективности системы управления охраной труда (далее – СУОТ);
- **обязательное привлечение работников, уполномоченных ими представительных органов к участию в управлении охраной труда и обеспечении условий труда, соответствующих требованиям охраны труда, посредством необходимого ресурсного обеспечения и поощрения такого участия.**

Участие работников в работе по охране труда – важнейший элемент СУОТ.

Одним из важнейших направлений деятельности первичной профсоюзной организации РФЯЦ-ВНИИТФ им. акад. Е. И. Забабахина (далее – ППО) является работа в сфере охраны труда.

В ППО разработано «Положение об уполномоченном (доверенном) лице по охране труда первичной профсоюзной организации РФЯЦ-ВНИИТФ им. акад. Забабахина Российского профсоюза работников атомной энергетики и промышленности».

Уполномоченным (доверенным) лицам по охране труда предоставляется время

Затраты на мероприятия по охране труда в 2021 году, млн. руб.



и возможность для активного участия в процессах создания, функционирования и совершенствования СУОТ.

В положении расписаны основные задачи, содержание работы и обязанности, права и гарантии уполномоченных по охране труда.

Ответственные работники:

- Уполномоченные (доверенные лица) по охране труда;
- Технический инспектор труда ППО.

За 10 месяцев 2022 года уполномоченными проведено более 1303 проверок состояния условий труда на производстве, выявлено 1192 нарушения.

Функции ответственных работников:

Уполномоченные:

- содействуют созданию здоровых и безопасных условий труда;
- контролируют состояние охраны труда на рабочих местах;
- контролируют соблюдение законных прав и интересов работников в области охраны труда, сохранение их жизни и здоровья в процессе трудовой деятельности;
- представляют интересы работников, связанных с применением законодательства об охране труда и выполнением обязательств, указанных в коллективном договоре, соглашении по охране труда.

Год	Кол-во проверок	Кол-во приемок	Разработано и согласовано инструкций по ОТ
2020	1108	49	212
2021	2042	42	307
10 мес. 2022	1303	28	162

Технический инспектор координирует деятельность уполномоченных (доверенных лиц) по охране труда.

Рост числа уполномоченных за период 2016–2022 гг. увеличился в 5 раз (с 20 до 97).

Уполномоченные по охране труда проводят регулярные самостоятельные и совместные с работодателем проверки состояния производственных, санитарно-бытовых помещений и рабочих мест. Принимают участие в работе комиссий по входному контролю спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты, средств производства.

На предприятии проводится:

– Согласование с профсоюзом нормативных актов работодателя, регулирующих трудовые отношения в области охраны труда (инструкции по ОТ, перечни допускаемых замен специальной одежды и специальной обуви и т.д.).

– Обязательное уведомление уполномоченного в подразделении о распоряжениях работодателя в области охраны труда.

– Ежеквартальные встречи руководства предприятия с уполномоченными: подведение итогов работы, обзор несчастных случаев, решение актуальных вопросов, информация об изменениях законодательства и т.д.

– Ежегодное поощрение руководством предприятия 6 уполномоченных за активную профилактическую работу по обеспечению здоровых и безопасных условий труда.

– Ежегодное проведение конкурса «Территория безопасности» и конкурса на лучший агитационный материал, пропагандирующий соблюдение требований охраны труда.

В результате совместной работы профсоюза и работодателя достигнуты следующие показатели:

– снижение производственного травматизма (за 10 месяцев 2022 года – нулевой травматизм);

– улучшение качества средств индивидуальной защиты и производственного оборудования;

– постоянное взаимодействие при принятии решений в сфере охраны труда и промышленной безопасности.

Взаимодействие работодателя и профсоюза позволяет создать правовой акт, регулирующий социально-трудовые отношения в ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина» (далее – предприятие, работодатель), заключаемый работниками и работодателем в лице их представителей, именуемый коллективным договором.

Коллективный договор разработан с учетом требований Трудового кодекса Российской Федерации, Федерального закона «О профессиональных союзах, их правах и гарантиях деятельности», Отраслевого соглашения по атомной энергетике, промышленности и науке (далее – Отраслевое соглашение), других правовых актов, содержащих нормы трудового права, действие которых распространяется на работников и работодателя.

В раздел «Охрана труда и здоровье» Коллективного договора включены обязательства работодателя по улучшению условий и охраны труда работникам предприятия.

Неотъемлемой частью Коллективного договора являются приложения:

– № 4 – Соглашение по охране труда;

– № 5 – Программа «Здоровье»;

Работодатель обязан:

Ежегодно заключать с ППО «Соглашение по охране труда» на последующий год и обеспечивать своевременное его финансирование и выполнение.

Ежегодно обеспечивать финансирование и выполнение Комплексного плана мероприятий по реализации программы «Здоровье», разработанной с учетом требований «Методических рекомендаций по формированию и реализации программы «Здоровье» в организациях Госкорпорации «Росатом» за счет их собственных средств».

Для выполнения обязательств, требующих материальных затрат, заключается Соглашение по охране труда.

Соглашение по охране труда – правовая форма планирования и проведения мероприятий по охране труда с указанием сроков выполнения, источников финансирования и ответственных за их выполнение.

Соглашение по охране труда является финансовым обеспечением выполнения принятых обязательств.

Соглашение по охране труда заключается ежегодно сроком на один календарный год. По итогам каждого полугодия проводится аудит и составляется отчет о выполнении обязательств коллективного договора, в состав которого входит соглашение по охране труда.

Основанием для подготовки «Соглашения по охране труда к Коллективному договору» является приказ «О подготовке Программы деятельности предприятия ...», в котором определены на какой год и в какие сроки формируется «Соглашение...».

В соответствии с данным приказом отдел охраны труда направляет письмо в структурные подразделения для сбора предложений.

Предложения в соглашение по охране труда структурного подразделения составляются ответственным лицом, подписываются руководителем структурного подразделения и согласовываются с председателем структурной профсоюзной организации.

Для включения в Соглашение по охране труда рассматриваются предложения по следующим направлениям:

1. Поддержание территории промышленных площадок в травмобезопасном состоянии (приобретение ковриков противоскользящих, сигнальных ограждений и т.п.).

2. Обеспечение микроклимата на рабочих местах в помещениях (приобретение обогревателей, вентиляторов напольных и настольных, увлажнителей воздуха, настольных светильников станочникам и т.п.).

3. Обеспечение очками с диоптриями работников, работающих в специальных условиях труда.

4. Приобретение оборудования (штативов, ветрозащиты, лазерного дальномера

и т.п.) для проведения лабораторного контроля уровней вредных производственных факторов на рабочих местах подразделений предприятия.

5. Обеспечение питьевого режима (приобретение кулеров т.п.).

Размер финансирования «Соглашения по охране труда» определяется работодателем совместно с ППО РФЯЦ-ВНИИТФ в зависимости от поданных предложений.

Порядок формирования Соглашения с ППО:

Комиссия, назначенная приказом по предприятию, проводит рассмотрение предложений, поступивших от подразделений, в срок до 15 февраля.

Заседание комиссии оформляется протоколом.

В состав комиссии входят:

– от предприятия: заместитель главного инженера РФЯЦ-ВНИИТФ по ПБ, начальник ООТ, инженер по охране труда ООТ;

– от ППО: председатель ППО, юрисконсульт, технический инспектор труда ППО.

За последние 3 года финансирование «Соглашения по охране труда» составило:

– 2020 год – 920.25 тыс. руб.;

– 2021 год – 1098.10 тыс. руб.;

– 2022 год – запланировано 1059.80 тыс. руб.

Итоги выполнения «Соглашения по охране труда» позволяют обеспечивать условия работы, способствующие сохранению здоровья всех работников, посредством сведения к минимуму производственных рисков, которые могут привести к появлению травматизма или возникновению профессиональных заболеваний.

Одним из инструментов создания здоровых и безопасных условий труда является «Программа по охране здоровья работников ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина» (далее – программа).

Правовые основания:

1. Федеральный закон от 01.12.2007 № 317-ФЗ «О Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом»; Федераль-

ный закон от 27.07.2010 № 210 «Об организации предоставления государственных услуг Госкорпорации «Росатом»»;

2. Постановление Правительства от 11.04.2005 № 206 «О Федеральном медико-биологическом агентстве» (с изменениями и дополнениями);

3. Соглашение о сотрудничестве между Государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом» и Федеральным медико-биологическим агентством от 01.08.2010;

4. Отраслевое соглашение по атомной энергетике, промышленности и науке на 2018–2022 годы;

5. Устав РПРАЭП;

6. Соглашение о сотрудничестве ФГУП РФЯЦ-ВНИИТФ, ППО РФЯЦ-ВНИИТФ и ФГБУЗ ЦМСЧ № 15 ФМБА России от 12.01.2015 (дополнительное соглашение № 1 от 29.12.2017).

Цель программы – обеспечение качественной и доступной медицинской помощи работникам предприятия.

Задачи программы:

– Повышение качества медицинской помощи, совершенствование методов диагностики, лечения и реабилитации;

– Организация дополнительных лечебно-оздоровительных мероприятий для работников, занятых во вредных условиях труда.

Реализация программных мероприятий осуществляется в рамках подпрограмм: «Профпатология», «Диагностика», «Урология», «Гастроэнтерология», «Эндокринология», «Реабилитация», разрабатываемых специалистами медсанчасти.

Программа распространяется на всех работников предприятия, в том числе на работников, занятых во вредных условиях труда.

Для разработки концепции программы и планов ее реализации в соответствии с Соглашением создается трехсторонняя координационная комиссия, которая принимает решения, ежегодно формирует комплексный план и осуществляет контроль по реализации программы в предусмотренных объемах финансирования.

Для реализации задач по медицинскому обеспечению работников, занятых во вредных условиях труда, предприятие обеспечивает медсанчасть:

1) Дополнительным оснащением здравпунктов для оказания экстренной и профилактической помощи работникам предприятия;

2) Дополнительным обеспечением здравпунктов медикаментами для оказания экстренной медицинской помощи и лечения заболеваний на начальной стадии развития;

3) Дополнительным приобретением дорогостоящего медицинского диагностического оборудования для проведения целевых медицинских обследований работников на раннюю диагностику заболеваний.

Мероприятия по программе выполняются медсанчастью по следующим направлениям:

Специальные лечебно-профилактические мероприятия – мероприятия по созданию оптимальных условий, направленных на укрепление здоровья (периодические медицинские осмотры работников, динамическое наблюдение пациентов с факторами риска).

С целью ослабления вредного воздействия в условиях труда на состояние здоровья сотрудников предприятия проводятся:

1) Профилактика и лечение профзаболеваний:

– профилактика тугоухости (сезонная витаминизация);

– лечение онхомикозов (грибковых заболеваний) (медикаментозное до выздоровления).

2) Противоэпидемические мероприятия:

– от клещевого энцефалита (первичная вакцинация, ревакцинация, аккарицидная дополнительная обработка территорий предприятия, приобретение противоязвенной вакцины, иммуноглобулина и противоклещевых репеллентов);

– от заболевания гриппом (вакцинация).

С целью сохранения и укрепления здоровья родителей и детей, охраны репродуктив-

ного здоровья работниц предприятия, формирования у родителей сознания рождения желанных и здоровых детей организуется работа школы «Женского здоровья» (лекции, беседы, информационные материалы).

Лечебно-диагностические мероприятия – комплекс проведения дополнительной диагностической и лечебной работы с пациентами на основе внедрения и расширения новых комплексных медицинских программ с максимальным использованием организационных и материально-технических ресурсов предприятия и медсанчасти.

С целью увеличения объема медицинской помощи на догоспитальном этапе и улучшением качества лечебно-диагностического процесса, своевременное выявление лиц с высокой степенью риска развития рака предстательной железы, желудка, двенадцатиперстной кишки, колоректального рака, щитовидной железы проводятся:

1) Дополнительная диагностика на онкопатологию по профилю: функциональная, ультразвуковая и эндоскопическая (ФГС, УЗИ брюшной полости, щитовидной железы, предстательной железы).

2) Дополнительные обследования на раннюю диагностику заболеваний (сердца, сосудов, дыхательной и нервной систем человеческого организма) по профилю: эхокардиоскопия, велоэргометрия и доплеровское обследование сосудов.

3) Иммуно-ферментный анализ (тест-системы).

4) Комплексное медикаментозное лечение.

Реабилитационные мероприятия – целенаправленная комплексная система медицинских, социальных, психологических и других мероприятий, направленных на предупреждение развития тяжелых последствий заболеваний и травм, восстановление или компенсацию наступивших функциональных дефектов, социальную и трудовую адаптацию работников.

С целью эффективного и раннего возвращения больных и инвалидов к бытовым

и трудовым процессам, восстановления здоровья работников предприятия проводятся:

1) Психофизиологическая реабилитация по технологии биологической обратной связи (безлекарственная технология восстановительного лечения);

2) Реабилитация после травм опорно-двигательного аппарата.

Обучение медицинских специалистов:

С целью совершенствования профессионального уровня, освоения новых методов лечения и внедрения новых технологий проводятся:

1) Дополнительное обучение первичной специализации, сертификационные курсы.

2) Участие в тематических конференциях, конгрессах и т.п.

Реализация данной целевой Программы позволяет повысить эффективность:

1. Для работников предприятия – качества медицинского обслуживания;

2. Для медицинских работников – повышения профессионального роста и удовлетворенности условиями труда;

3. Для медсанчасти – укрепления материально-технической базы, повышения качества медицинской помощи на всех этапах ее оказания;

4. Для предприятия – улучшения здоровья работников, снижения заболеваемости и инвалидизации, раннего выявления различных заболеваний.

По программе «Здоровье» в 2021 году израсходовано 63551,52 тысячи рублей (в 2020 году – 65309,86 тысяч рублей).

Программа «Здоровье» позволит посредством применения ранней диагностики, определения более точного диагноза, своевременного лечения сократить заболеваемость работников.

Общая сумма затрат на мероприятия по охране труда в 2021 году составила 224782,18 тысяч рублей (в 2020 году – 245184,95 тысяч рублей).

Список литературы

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ;

2. Федеральный закон «О профессиональных союзах, их правах и гарантиях деятельности» от 12.01.1996 N 10-ФЗ;

3. Приказ Минтруда России (Министерство труда и социальной защиты РФ) от 19 августа 2016 г. № 438Н «Об утверждении типового положения о системе управления охраной труда»;

4. Федеральный закон от 01.12.2007 № 317-ФЗ «О Государственной корпорации по атомной энергии „Росатом“»; Федеральный закон от 27.07.2010 № 210 «Об организации предоставления государственных услуг Госкорпорации „Росатом“»;

5. Постановление Правительства от 11.04.2005 № 206 «О Федеральном медико-биологическом агентстве» (с изменениями и дополнениями);

6. ГОСТ 12.0.230-2007 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Общие требования»;

7. Соглашение о сотрудничестве между Государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом» и Федеральным медико-биологическим агентством от 01.08.2010;

8. Соглашение о сотрудничестве ФГУП РФЯЦ-ВНИИТФ, ППО РФЯЦ-ВНИИТФ и ФГБУЗ ЦМСЧ № 15 ФМБА России от 12.01.2015 (дополнительное соглашение № 1 от 29.12.2017).

9. Приказ Госкорпорации «Росатом» от 27.06.2019 № 1/618-П.

10. Положение об уполномоченном (доверенном) лице по охране труда первичной профсоюзной организации РФЯЦ-ВНИИТФ им. акад. Е. И. Забабахина Российского профсоюза работников атомной энергетики и промышленности утверждено 27.06.2019 протокол № 125.

11. Коллективный договор 2019–2023.

12. Система Управления Охраной Труда РФЯЦ-ВНИИТФ введенная в действие приказом по предприятию от 18.03.2021 № 993-П.

ГОТОВНОСТЬ К ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Ю. А. Розачева, М. И. Куликов

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров

В настоящее время практически ежедневно в различных уголках нашей планеты возникают «чрезвычайные ситуации» (ЧС). Наибольшую опасность представляют крупные аварии на промышленных объектах и на транспорте, а также стихийные и экологические бедствия. В связи с чем растет необходимость в проведении комплекса аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Наличие изделия, содержащего взрывчатые вещества (ВВ), несмотря на высочайшие требования по безопасности проводимых работ с ним на всех этапах жизненного цикла (разработка, испытания, производство, эксплуатация, разборка, утилизация), не исключают возникновения аварийных ситуаций. Поэтому вопросам подготовки нормативной документации по ликвидации последствий аварий (ЛПА), разработке технических средств и методов по действиям в аварийных ситуациях, способам обращения с аварийными изделиями, теоретической и практической подготовке специального персонала уделяется огромное внимание.

В Госкорпорации «Росатом» создана функциональная система реагирования и ликвидации последствий аварий с аварийными изделиями, которая является подсистемой единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации.

Ликвидация последствий аварий – это комплекс мер по локализации последствий аварий, обезвреживанию аварийных изделий

и устранению ущерба, вызванного различными вредными и опасными веществами в результате аварии.

Основными задачами ликвидации последствий аварии являются:

- оперативное оповещение об аварии органов управления, привлекаемых сил и населения;
- принятие мер по недопущению усугубления последствий аварии;
- обеспечение безопасности населения в районе аварии;
- определение состава сил и средств, необходимых для ликвидации последствий аварии;
- определение масштабов последствий аварии.

В РФЯЦ-ВНИИЭФ в рамках функциональной системы реагирования и ликвидации последствий аварий с изделиями Госкорпорации «Росатом» создана профессиональная аварийно-спасательная служба, включающая в себя штатное подразделение – аварийно-технический центр (АТЦ) и нештатное формирование – группа экспертов главных конструкторов.

АТЦ оснащен специальными техническими средствами и технологиями по ЛПА и обращению с аварийными изделиями.

Основными задачами АТЦ являются:

- ликвидация ЧС в организациях Госкорпорации «Росатом», на ее объектах и при транспортировании радиоактивных материалов;

– планирование, организация и выполнение работ по ЛПА с изделием, содержащим ВВ, при его разработке, испытаниях, производстве, эксплуатации, разборке и утилизации;

– планирование, организация и выполнение работ по ЛПА с изделиями, находящимися в состоянии повышенной взрывоопасности;

– проведение первоочередных мероприятий при возникновении ядерных и радиационных аварий, ЛПА при производственной деятельности организаций в зоне ответственности АТЦ, включая аварии при транспортировании;

– оперативное реагирование и проведение работ по ликвидации (локализации) последствий возможных аварий с изделиями и их составными частями.

Функционирование АТЦ осуществляется в трех режимах:

– режим повседневной деятельности (при нормальной обстановке и отсутствии прогноза о возможности возникновения ЧС);

– режим повышенной готовности (при отклонениях от пределов безопасной эксплуатации объектов РФЯЦ-ВНИИЭФ, проведении ядерно- и радиационно-опасных работ в РФЯЦ-ВНИИЭФ, при проведении транспортировки изделий в зоне ответственности АТЦ и при получении прогноза о возможности возникновения ЧС);

– чрезвычайный режим (при возникновении ЧС и ликвидации последствий на первых этапах).

На оснащении АТЦ находятся:

– средства управления и связи (система видео контроля и дистанционного управле-

ния работами, средства радиосвязи различных частотных диапазонов и дальности, спутниковая система связи и т.п.);

– средства радиационного контроля (радиационной разведки, дозиметрического контроля, спектрометрии и т.п.);

– робототехнические системы, беспилотные летательные аппараты, аэролодка;

– средства доступа к аварийным объектам (механические с ручным, пневмо, гидравлическим и электрическим приводами, плазменной резки, гидроабразивные и т.п.);

– средства диагностики аварийных объектов (рентгенографические, эндоскопические);

– средства обращения с аварийными объектами и их обезвреживания (оборудование и инструмент, специальные технологии);

– средства безопасной транспортировки аварийных объектов;

– средства индивидуальной защиты и жизнеобеспечения.

Основными задачами группы экспертов являются:

1. Установление категории опасности изделий.

2. Разработка технологических документов по обращению с поврежденными изделиями.

3. Обеспечение контроля при обращении с поврежденными изделиями.

В состав группы экспертов входит 20–25 человек, выполняющих свои обязанности в трех режимах: в режиме повседневной деятельности, в режиме повышенной готовности и в режиме ЧС. Состав группы экспертов, выезжающих на ЛПА, зависит от характера и места аварии и, обычно, составляет 2–5 человек.

Одной из основных задач, решаемых при ЛПА, является обезвреживание аварийных изделий. В настоящее время аварийно-спасательные формирования Госкорпорации «Росатом» оснащены аттестованными и отработанными методами понижения опасности и обезвреживания аварийных изделий, такими например, как:

– Фиксация.

Под фиксацией понимается проведение комплекса работ, направленных на предотвращение возможных перемещений изделия и его составных частей с целью повышения безопасности при обращении с ними на месте аварии и при транспортировании к месту обезвреживания с помощью Висксинта ПК-68 или ППУ-240-2.

Работы по фиксации проводятся после принятия решения на применение данного метода главным конструктором по рекомендациям экспертов главного конструктора. Работы проводятся по технологическому регламенту применительно к конкретной аварийной ситуации. Работы по фиксации выполняются обученными и аттестованными специалистами АСФ под контролем экспертов главных конструкторов.

Компаунд «Висксинт ПК-68» представляет собой композицию вязкотекучей консистенции, состоящую из двух компонентов: низкомолекулярного каучука СКТН по ГОСТ13835-73 и катализатора № 68 ТУ 38.303-04-05-90.

Пенополиуретан ППУ-240-2 представляет собой горючий материал с мелкопористой структурой. Компонентами ППУ является компонент А и компонент Б. Компонент А – нелетучая, невзрывоопасная, горючая, вязкая жидкость. Компонент Б – вязкая, го-

рючая жидкость темного цвета со специфическим запахом. Температура вспышки – 202 °С. Температура воспламенения – 220 °С. Все работы с этими компонентами необходимо проводить с соблюдением мер индивидуальной защиты.

– Флегматизация.

Сущность способа заключается в том, что в результате выдержки поврежденного изделия во флегматизирующей жидкости и проникновения ее в конструкционные зазоры происходит смачивание, обволакивание деталей и возможных мест их поврежденной жидкостью, что обеспечивает снижение чувствительности к трению при механических воздействиях.

В качестве флегматизирующей жидкости используется полиэтилсилоксановая жидкость ПЭС-5 ГОСТ 13004-77 или ПЭС-5М ТУ6-02-421-97, допускается использование касторового рафинированного масла, если температура изделия и окружающей среды не ниже 0 °С.

Проводится в случае отнесения поврежденного изделия к категории повышенной взрывоопасности и принятия решения о флегматизации главным конструктором по рекомендации экспертов.

В результате флегматизации изделия обеспечивается снижение чувствительности при механических воздействиях в 1,5–2 раза, тем самым повышается безопасность проведения работ при эвакуации с места аварии.

– Метод химического фрезерования (физико-химический метод).

Этот метод основан на травлении специальными растворами (например, смесь 37%-ой соляной кислоты, 56...65%-ой азотной кислоты, 40%-ой фтористоводородной

кислоты) корпусных элементов изделия с целью их разделения.

– Метод обезвреживания с помощью УКЗ.

Данный метод основан на разрезании корпусов изделий с помощью кумулятивного ножа, образующегося при срабатывании удлиненного кумулятивного заряда

– Метод гидроструйной резки.

Основан на разрезании корпусных элементов с помощью струи воды с абразивными материалами, подающейся под большим давлением. Данный метод предназначен только для обеспечения доступа к аварийным изделиям.

Также ведутся постоянные работы по поиску новых методов обезвреживания, проводятся различные исследования и изыскания в этом направлении. Так специалистами отделения 34 ВНИИЭФ предложен способ разборки аварийных изделий с использованием в качестве режущего инструмента стального каната с напесованными на него коронками с алмазным напылением. Данный способ резки в настоящий момент отрабатывается и будет аттестован.

Для решения вопросов ЛПА при затоплении изделий в Госкорпорации «Росатом» создана нештатная водолазная служба в АИО ФГУП «ПСЗ» и АТЦ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ».

Ее основные цели:

- поиск и подъем затонувших объектов;
- первичное категорирование затонувших аварийных изделий;
- мониторинг радиационной обстановки акватории;
- проведение специальных подводно-технических работ с затонувшими объектами на глубинах до 12 метров.

На оснащении водолазной службы находится: комплекс инженерно-технических работ под водой, средства обеспечения водолазных спусков и работ, индивидуальные комплекты водолазного снаряжения.

В настоящее время можно утверждать, что достигнутый уровень разработки и внедрения технических средств, технологий и документов позволяет выполнить практически весь цикл работ по обращению с автономными изделиями при ликвидации последствий возможных аварий с ними.

Список литературы

1. Положение «Об аварийно-техническом центре ФГУП „РФЯЦ-ВНИИЭФ“», № 56-1378 от 30. 07.2012.

ВОЗМОЖНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ (УЩЕРБА) ОТ РЕАЛИЗАЦИИ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ В ОТНОШЕНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ В ЗАЩИЩЕННОМ ИСПОЛНЕНИИ

К. К. Рычагов, Р. Ю. Дубровин, Р. В. Булычев, Д. Г. Аннин, А. П. Афонин

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров

С учетом складывающейся ситуации в стране и мире на фоне стремительного развития информационных технологий, как никогда актуальной становится задача обеспечения безопасности информации на всех этапах жизненного цикла автоматизированной системы (от разработки системы до ее вывода из эксплуатации).

Одним из ключевых этапов обеспечения защиты информации является моделирование угроз информационной безопасности, актуальных для автоматизированной системы (далее – АС). При этом актуальность угрозы напрямую зависит от негативных последствий (ущерба), которые могут наступить при реализации угрозы. Поскольку существует необходимость корректного определения негативных последствий (ущерба) от реализации угроз безопасности информации, разработка подхода к оценке таких последствий является актуальной задачей.

Ключевые слова: оценка негативных последствий, показатели эффективности автоматизированных систем, угрозы безопасности информации.

Описание подхода

Для оценки негативных последствий (ущерба) от реализации угроз информационной безопасности предлагается подход,

предполагающий последовательное выполнение следующих этапов:

Этап 1

Производится анализ перечня угроз безопасности информации (далее – УБИ), приведенного в открытом банке ФСТЭК [1]. Из перечня УБИ исключаются неподходящие УБИ (с точки зрения назначения, функций, состава или архитектуры) рассматриваемой системы. Результатом будет являться перечень из оставшихся k УБИ.

Этап 2

Вводятся величины P_j (вероятность (возможность) реализации угрозы, где $j = 1, \dots, k$), x_{ji} (степень негативного воздействия УБИ $_j$ на i -ый показатель эффективности системы, где $i = 1, \dots, m$) и X_j (степень негативного воздействия УБИ $_j$ на показатели эффективности системы) и определяются для каждой из УБИ. Величины x_{ji} оцениваются следующим образом: если при реализации УБИ $_j$ осуществляется негативное влияние, незначительно воздействующее или не воздействующее на i -ый показатель эффективности, то x_{ji} – низкая степень, умеренно воздействующее – средняя степень,

Оценка величин P_j

Мотивация предполагаемого нарушителя	Частота возникновения возможности для реализации УБИ _j в «идеальных» условиях (при которых возможности предполагаемого нарушителя ограничены только уровнем его технической подготовки)		
	Не превышает 1 раза в 5 лет	Не превышает 1 раза в 1 год	Превышает 1 раз в 1 год
Отсутствует	Низкая	Низкая	Низкая
Может существовать	Низкая	Средняя	Высокая

Принятие решение о дальнейшем рассмотрении УБИ_j

Вероятность (возможность) реализации угрозы, P_j	Степень негативного воздействия УБИ _j на показатели эффективности АС, X_j		
	Низкая	Средняя	Высокая
Низкая	не рассматривается	не рассматривается	рассматривается
Средняя	не рассматривается	рассматривается	рассматривается
Высокая	рассматривается	рассматривается	рассматривается

существенно воздействующее – высокая степень. Величинам X_j присваивается максимальное значение x_{ji} . Оценка величин P_j осуществляется в соответствии с табл. 1.

Решение о дальнейшем рассмотрении УБИ_j принимается на основании полученных экспертных оценок в соответствии с табл. 2.

Этап 3

Оценивается степень возможных негативных последствий (ущерба) от реализации УБИ, определенных на этапе 2, в соответствии с таблицами 3–9. Основными видами ущерба, которые могут возникнуть при реализации УБИ являются: экономический (фи-

нансовый) ущерб; социальный ущерб; политический ущерб; репутационный ущерб; ущерб в области обороны, безопасности и правопорядка; ущерб субъекту персональных данных; технологический ущерб.

Степени ущерба определяются для каждой из УБИ, полученных на этапе 2, в соответствии с возможными негативными последствиями, указанными в приложении 4 [2]. Итоговая степень ущерба для каждой УБИ определяется по максимальному полученному значению степени ущерба для всех основных видов ущерба. Результирующий перечень УБИ формируется из УБИ, имеющих итоговые степени ущерба – «высокая» или «средняя».

Степень экономического (финансового) ущерба

Степень ущерба	Возможные негативные последствия
Минимальная	ущерб не может быть оценен
Низкая	– недополучение ожидаемой (прогнозируемой) прибыли; – потеря клиентов, поставщиков; – потеря конкурентного преимущества
Средняя	– потеря финансовых средств; – необходимость дополнительных (незапланированных) затрат на выплаты штрафов (неустоек) или компенсаций; – необходимость дополнительных (незапланированных) затрат на закупку товаров, работ или услуг (в том числе закупка программного обеспечения, технических средств, вышедших из строя, замена, настройка, ремонт указанных средств)
Высокая	– невозможность заключения договоров, соглашений; – необходимость дополнительных (незапланированных) затрат на восстановление деятельности

Таблица 4

Степень социального ущерба

Степень ущерба	Возможные негативные последствия
Минимальная	– ущерб не может быть оценен
Низкая	– увеличение количества жалоб в органы государственной власти или органы местного самоуправления; – появление негативных публикаций в общедоступных источниках
Средняя	– организация пикетов, забастовок, митингов и других акций; – увольнения
Высокая	– угроза жизни или здоровью граждан; – прекращение или нарушение функционирования объектов обеспечения жизнедеятельности населения

Таблица 5

Степень политического ущерба

Степень ущерба	Возможные негативные последствия
Минимальная	– ущерб не может быть оценен
Низкая	– нарушение выборного процесса
Средняя	– неспособность выполнения международных (двусторонних) договорных обязательств; – невозможность заключения международных (двусторонних) договоров, соглашений
Высокая	– создание предпосылок к обострению отношений в международных отношениях; – создание предпосылок к внутривнутриполитическому кризису

Таблица 6

Степень репутационного ущерба

Степень ущерба	Возможные негативные последствия
Минимальная	ущерб не может быть оценен
Низкая	– нарушение деловой репутации; – снижение престижа
Средняя	– дискредитация работников; – неспособность выполнения договорных обязательств
Высокая	– нарушение законодательных и подзаконных актов; – утрата доверия

Таблица 7

Степень ущерба в области обороны, безопасности и правопорядка

Степень ущерба	Возможные негативные последствия
Минимальная	ущерб не может быть оценен
Низкая	– нарушение общественного правопорядка; – неблагоприятное влияние на обеспечение общественного правопорядка
Средняя	возможность потери или снижения уровня контроля за общественным правопорядком
Высокая	– создание предпосылок к наступлению негативных последствий для обороны, безопасности и правопорядка; – отсутствие возможности оперативного оповещения населения – о чрезвычайной ситуации

Таблица 8

Степень ущерба субъекту персональных данных

Степень ущерба	Возможные негативные последствия
Минимальная	ущерб не может быть оценен
Низкая	– моральный вред; – утрата репутации
Средняя	– финансовые или иные материальные потери физического лица; – вторжение в частную жизнь
Высокая	– создание угрозы здоровью; – создание угрозы личной безопасности

Таблица 9

Степень технологического ущерба

Степень ущерба	Возможные негативные последствия
Минимальная	ущерб не может быть оценен
Низкая	– необходимость изменения (перестроения) внутренних процедур для достижения целей, решения задач (реализации функций)
Средняя	простой АС или ее сегмента
Высокая	– невозможность решения задач (реализации функций) или снижение эффективности решения задач (реализации функций); – принятие неправильных решений

Пример реализации подхода

Рассмотрим на примере реализацию описанного подхода. Пусть имеется АС на базе автономной (взаимодействие с другими системами через «воздушный зазор») персональной электронно-вычислительной машины. В АС обрабатывается информация ограниченного доступа. Выберем в качестве примера показатели эффективности: надежность, производительность ($m = 2$).

Этап 1

Проанализируем перечень УБИ, приведенный в открытом банке ФСТЭК [1] и исключим неподходящие УБИ (в части назначения, функций, состава или архитектуры) рассматриваемой системы. Для простоты дополнительно сократим перечень УБИ до четырех угроз: угроза нарушения работы АС, вызванного обновлением используемого в ней программного обеспечения; угроза физического устаревания аппаратных компонентов; угроза некорректного использования функционала программного и аппаратного обеспечения; угроза подбора пароля Basic Input/Output System (далее – BIOS) ($k = 4$).

Этап 2

Определим наличие негативного влияния на показатели эффективности системы в результате реализации УБИ и уточним перечень УБИ, полученный на этапе 1. Для этого введем величины P_1 (вероятность реализации угрозы нарушения работы автоматизированной системы, вызванного обновлением используемого в ней программного обеспечения), P_2 (вероятность реализации угрозы физического устаревания аппаратных компонентов), P_3 (вероятность реализации угрозы некорректного использования функционала программного и аппаратного обеспечения), P_4 (вероятность реализации угрозы подбора пароля BIOS), $x_{11}, x_{21}, x_{31}, x_{41}$ (степени негативного воздействия УБИ, полученных на этапе 1, на надежность системы), $x_{12}, x_{22}, x_{32}, x_{42}$ (степени негативного воздействия УБИ, полученных на этапе 1, на производительность

системы) и X_1, X_2, X_3, X_4 (степени негативного воздействия УБИ, полученных на этапе 1, на надежность и производительность системы). Оценим вышеуказанные величины экспертным методом.

Реализация угрозы нарушения работы автоматизированной системы, вызванного обновлением используемого в ней программного обеспечения может предполагать преднамеренную или неумышленную установку в системе обновлений программного обеспечения, в которых имеются критические ошибки, дефекты, уязвимости и прочее, что может умеренно повлиять на надежность и производительность рассматриваемой системы (x_{11}, x_{12} – средняя). Следовательно, для данной УБИ устанавливается **средняя степень влияния на показатели эффективности** (X_1 – средняя). Может иметь место финансовая мотивация со стороны третьих лиц. Частота возникновения возможности для реализации данной УБИ в «идеальных» условиях не превышает 1 раз в 1 год. Таким образом, для данной УБИ устанавливается **средняя вероятность реализации** (P_1 – средняя). Исходя из вышеперечисленного, принимается решение о дальнейшем рассмотрении данной УБИ.

Реализация угрозы физического устаревания аппаратных компонентов может предполагать преднамеренную или неумышленную халатность в части реализации установленных регламентов по обновлению аппаратных компонентов АС, что может существенно повлиять на надежность и производительность рассматриваемой системы (x_{21}, x_{22} – высокая). Следовательно, для данной УБИ устанавливается **высокая степень влияния на показатели эффективности** (X_2 – высокая). В случае преднамеренной халатности может иметь место финансовая мотивация со стороны третьих лиц. Частота возникновения возможности для реализации УБИ в «идеальных» условиях не превышает 1 раз в 1 год. Таким образом, для данной УБИ устанавливается **средняя вероятность реализации** (P_2 – средняя). Исходя из вышеперечисленного, принимается решение о дальнейшем рассмотрении данной УБИ.

Реализация угрозы некорректного использования функционала программного и аппаратного обеспечения может сопровождаться негативным влиянием лишь незначительно воздействующим или не воздействующим на надежность и производительность рассматриваемой системы (x_{31}, x_{32} – низкая). Следовательно, для данной УБИ устанавливается **низкая степень влияния на показатели эффективности** (X_3 – низкая). Отсутствует мотивация для реализации УБИ. Частота возникновения возможности для реализации УБИ в «идеальных» условиях не превышает 1 раза в 5 лет. Таким образом, для УБИ устанавливается **низкая вероятность реализации** (P_3 – низкая). Исходя из вышеперечисленного, принимается решение далее не рассматривать данную УБИ.

Реализация угрозы подбора пароля BIOS может сопровождаться негативным влиянием лишь незначительно воздействующим или не воздействующим на надежность и производительность рассматриваемой системы (x_{41}, x_{42} – низкая). Следовательно, для данной УБИ устанавливается **низкая степень влияния на показатели эффективности** (X_4 – низкая). Может иметь место финансовая мотивация со стороны третьих лиц. Частота возникновения возможности для реализации УБИ в «идеальных» условиях превышает 1 раз в 1 год. Таким образом, для УБИ устанавливается **высокая вероятность реализации** (P_4 – высокая). Исходя из вышеперечисленного, принимается решение о дальнейшем рассмотрении данной УБИ.

В итоге уточненный перечень УБИ состоит из трех УБИ: угроза нарушения работы автоматизированной системы, вызванного обновлением используемого в ней программного обеспечения; угроза физического устаревания аппаратных компонентов; угроза подбора пароля BIOS.

Результаты этапа 2 приведены в табл. 10.

Этап 3

Оценим степень возможных негативных последствий (ущерба) от реализации УБИ, определенных на этапе 2. Социальный

ущерб, политический ущерб, ущерб в области обороны, безопасности и правопорядка и ущерб субъекту персональных данных не могут быть оценены, следовательно для указанных видов ущерба устанавливаются **минимальные степени ущерба**. Результаты определения степени технологического ущерба приведены в табл. 11, репутационного ущерба – в табл. 12, экономического ущерба – в табл. 13.

В табл. 14 представлены результаты определения итоговой степени ущерба для каждой УБИ по максимальному полученному значению степени ущерба для всех видов ущерба. Результирующий перечень УБИ представлен двумя УБИ (угрозой нарушения работы автоматизированной системы, вызванного обновлением используемого в ней программного обеспечения и угрозой физического устаревания аппаратных компонентов), имеющих итоговые степени ущерба – «средняя» и «высокая».

Заключение

Разработан подход к оценке негативных последствий (ущерба) от реализации угроз безопасности информации в отношении показателей эффективности автоматизированных систем в защищенном исполнении.

Выполнена оценка негативных последствий реализации УБИ на примере.

Полученные результаты (итоговый перечень УБИ и негативные последствия) могут быть использованы в дальнейшем при моделировании УБИ в соответствии с методикой [2].

Список литературы

1. Банк данных угроз безопасности информации. [Электронный ресурс]: [веб-сайт]. – Электрон. дан. – URL: <https://bdu.fstec.ru/> (дата обращения 20.07.2022).

2. Методический документ. Методика оценки угроз безопасности информации. Москва: Федеральная служба по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК) России, 2021.

Определение наличия негативного воздействия на показатели эффективности АС

№ п/п, j	Наименование УБИ	Степень негативного воздействия на показатель эффективности АС, x_{ji}		Степень негативного воздействия на показатели эффективности АС, X_j	Вероятность (возможность) реализации УБИ, P_j	Решение о дальнейшем рассмотрении УБИ
		Надежность	Производительность			
1	Угроза нарушения работы автоматизированной системы, вызванного обновлением используемого в ней программного обеспечения	средняя	средняя	средняя	средняя	рассматривается
2	Угроза физического устаревания аппаратных компонентов	высокая	высокая	высокая	средняя	рассматривается
3	Угроза некорректного использования функционала программного и аппаратного обеспечения	низкая	низкая	низкая	низкая	не рассматривается
4	Угроза подбора пароля BIOS	низкая	низкая	низкая	высокая	рассматривается

Степень технологического ущерба

Наименование УБИ	Возможные негативные последствия	Степень ущерба
Угроза нарушения работы автоматизированной системы, вызванного обновлением используемого в ней программного обеспечения	– необходимость изменения (перестроения) внутренних процедур для достижения целей, решения задач (реализации функций); – простой АС или ее сегмента	Средняя
Угроза физического устаревания аппаратных компонентов	– необходимость изменения (перестроения) внутренних процедур для достижения целей, решения задач (реализации функций); – простой АС или ее сегмента; невозможность решения задач (реализации функций) или снижение эффективности решения задач (реализации функций)	Высокая
Угроза подбора пароля BIOS	– необходимость изменения (перестроения) внутренних процедур для достижения целей, решения задач (реализации функций)	Низкая

Степень репутационного ущерба

Наименование УБИ	Возможные негативные последствия	Степень ущерба
Угроза нарушения работы автоматизированной системы, вызванного обновлением используемого в ней программного обеспечения	дискредитация работников	Средняя
Угроза физического устаревания аппаратных компонентов	– снижение престижа; – неспособность выполнения договорных обязательств	Средняя
Угроза подбора пароля BIOS	– нарушение деловой репутации; – снижение престижа.	Низкая

Степень экономического ущерба

Наименование УБИ	Возможные негативные последствия	Степень ущерба
Угроза нарушения работы автоматизированной системы, вызванного обновлением используемого в ней программного обеспечения	– недополучение ожидаемой (прогнозируемой) прибыли; – необходимость дополнительных (незапланированных) затрат на закупку товаров, работ или услуг (в том числе закупка программного обеспечения, технических средств, вышедших из строя, замена, настройка, ремонт указанных средств)	Средняя
Угроза физического устаревания аппаратных компонентов	– недополучение ожидаемой (прогнозируемой) прибыли; – потеря клиентов, поставщиков; потеря конкурентного преимущества; – потеря финансовых средств; необходимость дополнительных (незапланированных) затрат на выплаты штрафов (неустоек) или компенсаций; – необходимость дополнительных (незапланированных) затрат на закупку товаров, работ или услуг (в том числе закупка программного обеспечения, технических средств, вышедших из строя, замена, настройка, ремонт указанных средств); – невозможность заключения договоров, соглашений; – необходимость дополнительных (незапланированных) затрат на восстановление деятельности	Высокая
Угроза подбора пароля BIOS	ущерб не может быть оценен	Минимальная

Таблица 14

Результаты определения итоговой степени ущерба

Наименование УБИ	Степень ущерба							Итоговая степень ущерба
	экономического (финансового)	социального	политического	репутационного	в области обороны, безопасности и правопорядка	субъекту персональных данных	технологического	
Угроза нарушения работы автоматизированной системы, вызванного обновлением используемого в ней программного обеспечения	Средняя	Минимальная	Минимальная	Средняя	Минимальная	Минимальная	Средняя	Средняя
Угроза физического устаревания аппаратных компонентов	Высокая	Минимальная	Минимальная	Средняя	Минимальная	Минимальная	Высокая	Высокая
Угроза подбора пароля BIOS	Минимальная	Минимальная	Минимальная	Низкая	Минимальная	Минимальная	Низкая	Низкая

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕДАЧИ ДЕТОНАЦИИ ОТ СИСТЕМЫ ИНИЦИИРОВАНИЯ К ДИСКОВЫМ ЗАРЯДАМ МОДИФИЦИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ

А. А. Сычев, Ю. В. Власов

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» г. Саров

Исследования в области физики высоких плотностей энергии требуют мегаамперные импульсы тока с микросекундным временем нарастания. Источники энергии на основе дисковых взрывомагнитных генераторов (ДВМГ) с запиткой от спиральных взрывомагнитных генераторов способны обеспечить в индуктивной нагрузке токи до 100 МА. При таких токах множество параметров влияют на работу формирователя импульса тока и могут снизить его выходные характеристики. Одной из основных частей такого устройства является система инициирования (СИ) ДВМГ. Проблема передачи детонации от СИ к заряду взрывчатого вещества (ВВ) ДВМГ зачастую затрудняет разработку устройства. Для стабильной работы ДВМГ необходимо обеспечить синхронный подрыв его секций, который зависит от работы СИ.

В докладе приведены результаты исследования передачи детонации от системы инициирования к дисковым зарядам модифицированной конструкции, а также определена разновременность выхода детонационной волны на наружную поверхность промежуточного заряда и имитатора дискового заряда.

Ключевые слова: дисковый взрывомагнитный генератор, система инициирования, электродетонатор, передача детонации.

Введение

Исследования в области физики высоких плотностей энергии требуют мегаамперные импульсы тока с микросекундным временем нарастания. Источники энергии на основе дисковых взрывомагнитных генераторов

(ДВМГ) [1] с запиткой от спиральных взрывомагнитных генераторов способны обеспечить в нагрузке токи до 100 МА. Такие устройства весьма сложны и дороги в разработке и применении, а их конструкция постоянно модернизируется с целью повышения выходных характеристик и технологичности изготовления. Меняется геометрия отдельных элементов, а также способы их соединения друг с другом. Для проверки работоспособности модернизированных узлов устройства, а также определения моментов наступления некоторых характерных событий проводятся газодинамические расчеты и эксперименты. Модельные образцы помогают определить и устранить недостатки натурального устройства на стадии разработки.

Инициирование зарядов взрывчатого вещества (ВВ) в ДВМГ обеспечивается устройством осевого инициирования. Его работоспособность подтверждена в ранее проведенных экспериментах. В докладе проводится исследование передачи детонации от системы инициирования к дисковым зарядам модифицированной конструкции, а также экспериментальная оценка времени от подачи подрывного импульса на электродетонатор (ЭД) до инициирования дискового заряда ВВ.

Описание модели

В работе исследовалась модель СИ модернизированной секции ДВМГ с зарядом ВВ (рис. 1) выполненная в масштабе 1:1. Модель представляет собой две медные тарели (поз. 10 рис. 1) и имитатор заряда ДВМГ. Внутри помещается перфорированная резбовая латунная втулка (поз. 5 рис. 1) с обеих

сторон которой накручиваются медные конусы (поз. 6 рис. 1). Для снижения механического воздействия на дисковые заряды ВВ, возникающего при сборке генератора, установлен алюминиевый цилиндр (поз. 8 рис. 1) толщиной 3 мм. Вся конструкция работает от устройства осевого иницирования, помещенного в трубчатый лавсановый изолятор (поз. 4 рис. 1).

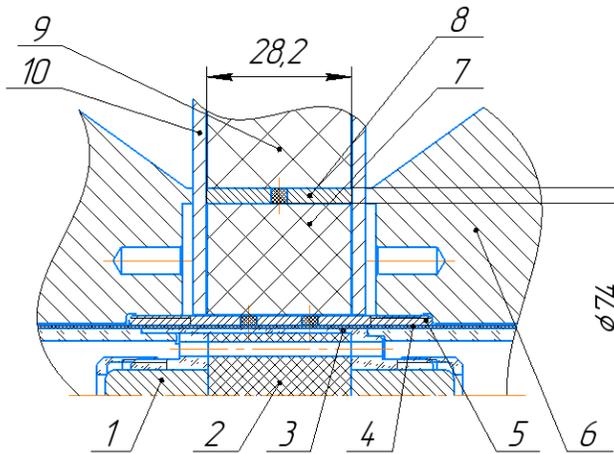


Рис. 1. Эскиз модернизированной секции ДВМГ с зарядом ВВ: 1 – электродетонатор, 2 – заряд из пластического ВВ, 3 – корпус (оргстекло), 4 – трубчатый изолятор СИ (лавсан), 5 – перфорированная втулка (латунь), 6 – конус (медь), 7 – промежуточный заряд ВВ, 8 – перфорированный цилиндр (алюминий), 9 – дисковый заряд ВВ, 10 – тарель (медь)

Передача детонации от системы иницирования к дисковому заряду (поз. 9 рис. 1) осуществляется следующим образом. С помощью ЭД иницируется цилиндрический заряд из пластического ВВ (поз. 2 рис. 1). Ударная волна через слои органического стекла, лавсанового изолятора и перфорированную латунную втулку иницирует промежуточный заряд, который в свою очередь, через алюминиевый перфорированный цилиндр, возбуждает детонацию в дисковом заряде. Отверстия в перфорированной втулке (поз. 5 рис. 1) и отверстия в цилиндре (поз. 8 рис. 1) заполнены ВВ. Таким образом, суммарная толщина инертных материалов в системе иницирования ДВМГ уменьшилась

примерно в 4 раза по сравнению с используемой ранее.

При исследованиях рассматривались две схемы:

1. Модель системы иницирования ДВМГ для исследования передачи детонации от ЭД инициатора промежуточному заряду ВВ (рис. 2).

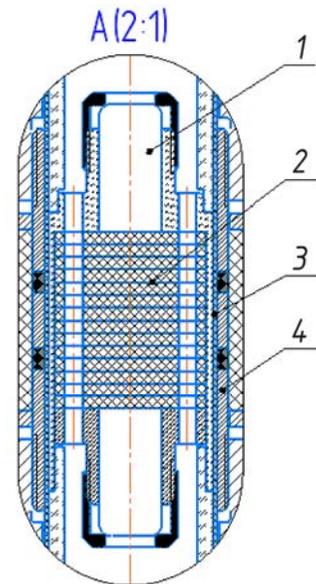
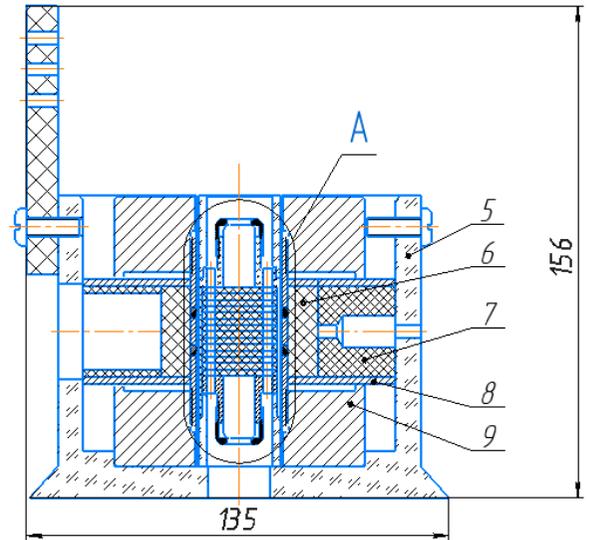


Рис. 2. Эскиз модели системы иницирования ДВМГ для исследования передачи детонации от ЭД инициатора промежуточному заряду ВВ: 1 – ЭД, 2 – заряд ВВ, 3 – трубчатый изолятор СИ, 4 – перфорированная втулка латунная, 5 – корпус, 6 – промежуточный заряд ВВ, 7 – вставка, 8 – медная стенка, 9 – втулка

2. Модель системы инициирования ДВМГ для исследования передачи детонации от ЭД инициатора дисковому заряду ВВ (рис. 3).

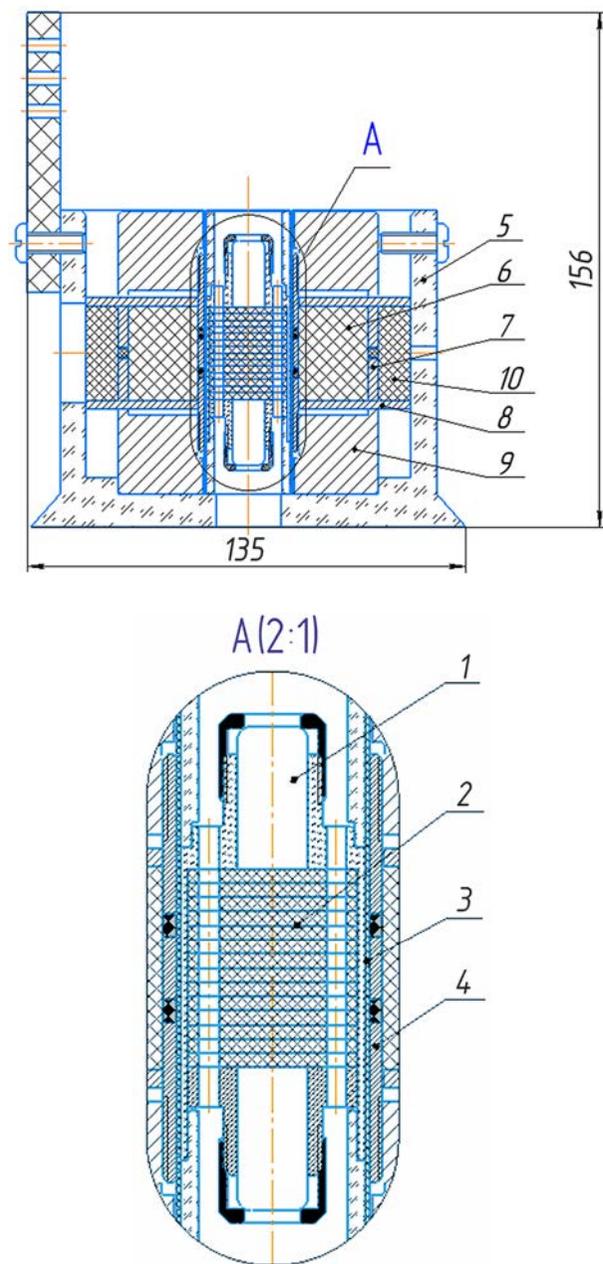


Рис. 3. Эскиз модели системы инициирования ДВМГ для исследования передачи детонации от ЭД инициатора дисковому заряду ВВ: 1 – ЭД, 2 – заряд ВВ, 3 – трубчатый изолятор СИ, 4 – перфорированная втулка латунная, 5 – корпус, 6 – промежуточный заряд ВВ, 7 – перфорированная втулка алюминиевая, 8 – медная стенка, 9 – втулка, 10 – имитатор дискового заряд ВВ

Постановка экспериментов

Газодинамические эксперименты по исследованию передачи детонации от инициатора к промежуточному и дисковому зарядам ВВ ДВМГ проводились на моделях систем инициирования ДВМГ (см. рис. 2 и 3). С каждой моделью проведено по два опыта. В первых двух экспериментах проводилась регистрация момента выхода детонационной волны на поверхность промежуточного заряда ВВ диаметром 50 мм (поз. 6 рис. 2), в последующих – на поверхность имитатора дискового заряда ВВ диаметром 100 мм (поз. 10 рис. 3).

Иницирование заряда ВВ (поз. 2 рис. 2, 3) проводилось с помощью двух ЭД. Медная стенка (поз. 8 рис. 2, 3) и втулка (поз. 9 рис. 2, 3) имитируют тарель и конус элемента модернизированного ДВМГ.

Регистрация момента выхода фронта детонационной волны на цилиндрические поверхности зарядов ВВ проводилась с помощью скоростного фоторегистратора (СФР) в режиме щелевой развертки на фотопленку и тремя оптическими датчиками (светодами) расположенными равномерно по окружности заряда с шагом 90° . Выводы световодов объединялись в вертикальную группу с последующей регистрацией излучения на СФР в режиме щелевой развертки. Для регистрации момента подачи подрывного импульса на ЭД применялся воздушный разрядник.

Расчет времени выхода детонационной волны на поверхность заряда

Для определения момента выхода детонационной волны на поверхность промежуточного (поз. 6 рис. 2) и дискового (поз. 10 рис. 3) зарядов ВВ от момента подачи подрывного импульса на ЭД вычислялась скорость ударной волны D в каждом веществе, представленном на рис. 4, с учетом последовательности расположения. Это делалось с помощью метода Р-и диаграмм [2]. Строился график зависимости $P(u)$ по формуле



Рис. 4. Слойка веществ в модели системы инициирования ДВМГ: О/С – органическое стекло

(1) для инертных материалов и (2) для ВВ. По точке пересечения определялись массовая скорость U вещества, а также давление на фронте ударной волны, затем вычислялась скорость ударной волны по формуле (3). Коэффициенты α , λ и ρ_0 в формулах (1, 3) взяты из [3, 4].

$$P = \rho_0 D U \quad (1)$$

$$P = \frac{64 \rho_0 D^2}{27 \cdot 4} \left(1 - \frac{U}{D}\right)^3 \quad (2)$$

$$D = \alpha + \lambda U \quad (3)$$

На рис. 5, 6 представлены графики зависимости давления P от массовой скорости U для каждого вещества из рис. 4. Из приведенных соотношений можно определить условия, возникающие на границе раздела смежных веществ при ударно-волновом сжатии. Волновые и массовые скорости для каждого вещества приведены в таблице.

При штатной работе устройства расчетное время выхода детонационной волны на поверхность промежуточного заряда ВВ диаметром 50 мм (поз. 6 рис. 2) от момента

Волновые и массовые скорости на границе смежных веществ

	ВВ	О/С	Латунь	Алюминий
ρ_0 , г/см ³	1,52	1,19	8,41	2,71
U , км/с	1,95	2,43	0,9	1,47
D , км/с	7,8	6,27	5,1	7,33

Обозначения: ρ_0 – плотность веществ, U – массовая скорость, D – скорость ударной или детонационной волны

подачи подрывного импульса на ЭД для первых двух экспериментов находится в интервале от 5,7 до 6,4 мкс. Этот интервал обусловлен наличием перфорации во втулке (поз. 4 рис. 2) и размерами отверстия для регистрации во вставке (поз. 7 рис. 2). Расчетное время выхода детонационной волны на поверхность имитатора дискового заряда ВВ диаметром 100 мм (поз. 10 рис. 3) находится в пределах от 8,9 до 9,4 мкс, что обусловлено наличием перфораций в латунной (поз. 4 рис. 3) и алюминиевой (поз. 7 рис. 3) втулках, а также размерами отверстия для регистрации, но уже в корпусе (поз. 5 рис. 3).

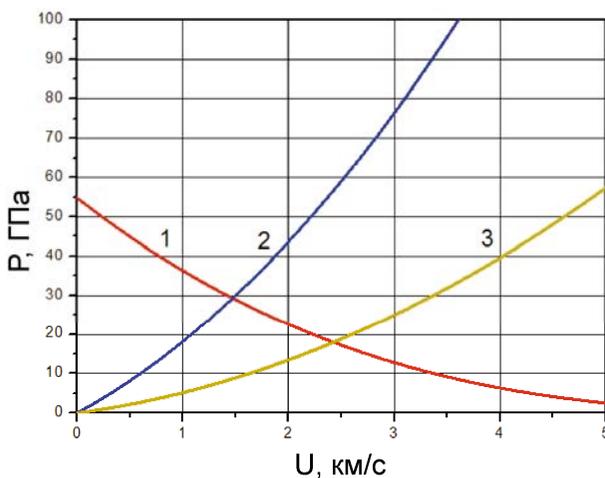


Рис. 5. Зависимость давления от массовой скорости: 1 – ВВ, 2 – Алюминий 3 – О/С

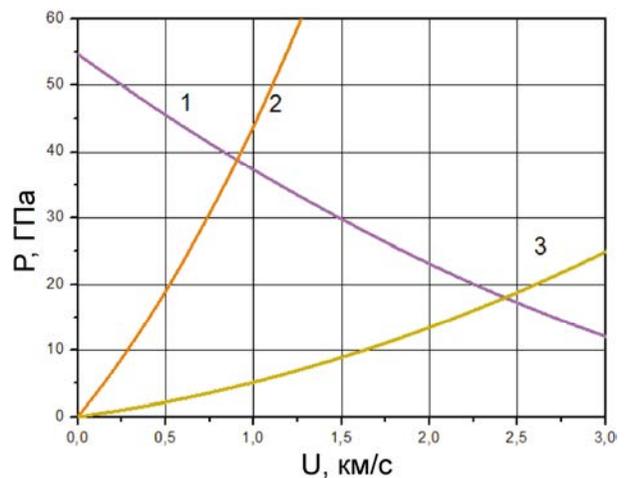


Рис. 6. Зависимость давления от массовой скорости: 1 – О/С второе сжатие, 2 – Латунь, 3 – О/С

Результаты эксперимента

С устройством, имитирующим узел инициирования ДВМГ, проведено четыре эксперимента. Получены близкие результаты, согласующиеся с расчетами.

На рис. 7, 8 представлены фотохронограммы выхода фронта детонационной волны на поверхность промежуточного заряда ВВ диаметром 50 мм, зарегистрированные в первых двух экспериментах.

Обработка фотохронограмм показала, что передача детонации от ЭД к промежуточному заряду ВВ через слои инертных материалов осуществляется. Время выхода детонационной волны на поверхность промежуточного заряда ВВ соответствует расчету и находится в интервале от 5,4 до 6,1 мкс.

В первом эксперименте проводилась регистрация выхода детонационной волны в одном сечении, во втором – зарегистрирована азимутальная составляющая разновременности, величина которой не превышает 0,7 мкс.

На рис. 9 представлена характерная фотохронограмма, полученная в одном из двух экспериментов по исследованию передачи детонации от промежуточного заряда ВВ к дисковому заряду через перфорированный алюминиевый цилиндр.

Время от подачи подрывного импульса на ЭД системы инициирования до выхода детонационной волны на поверхность имитатора дискового заряда ВВ диаметром 100 мм находится в пределах от 8,8 до 9,3 мкс, что согласуется с расчетами. Азимутальная раз-

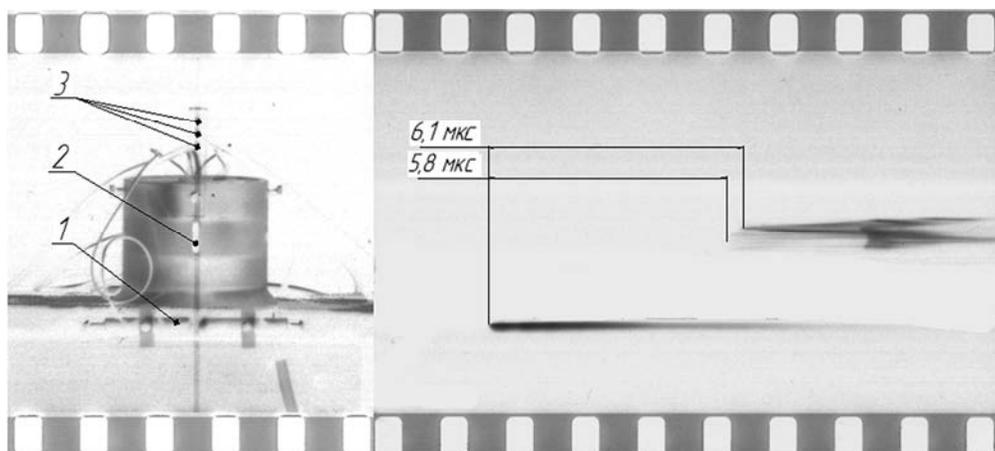


Рис. 7. Фотохронограмма первого эксперимента:
1 – воздушный разрядник, 2 – заряд ВВ, 3 – оптические датчики (световоды)

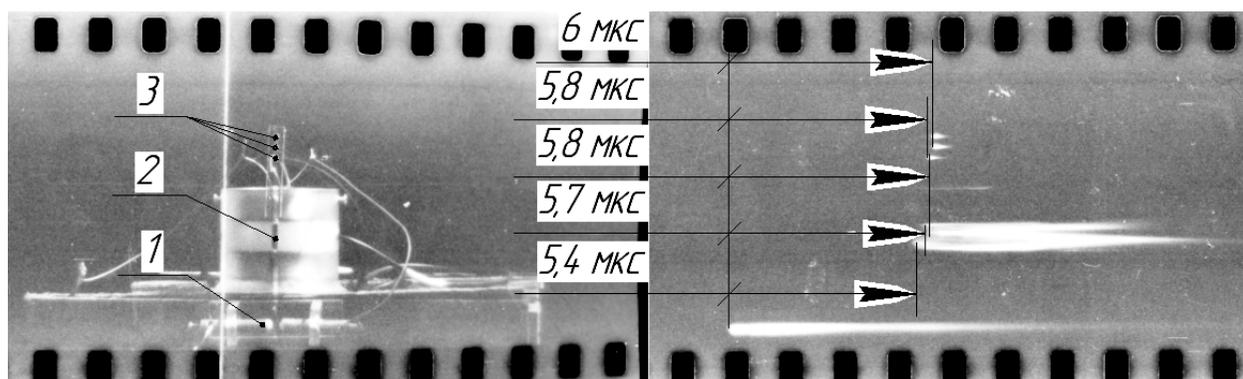


Рис. 8. Фотохронограмма второго эксперимента:
1 – воздушный разрядник, 2 – заряд ВВ, 3 – оптические датчики

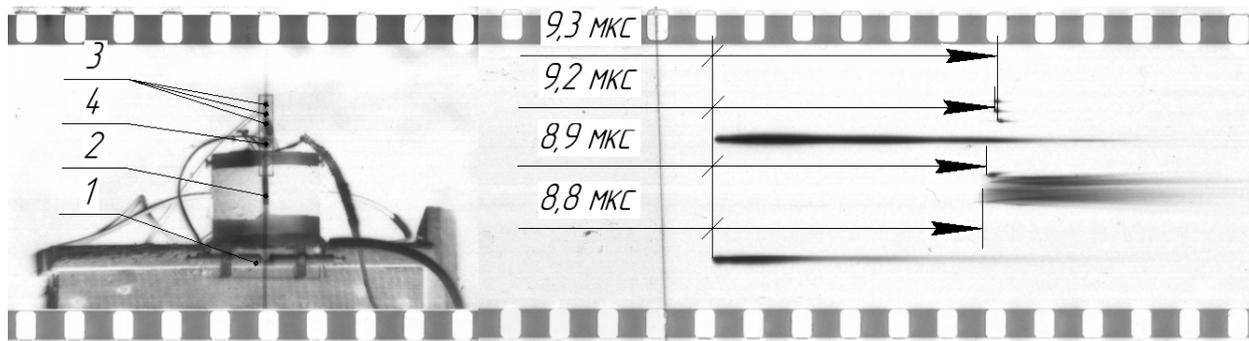


Рис. 9. Фотохронограмма четвертого эксперимента:
1 – воздушный разрядник, 2 – заряд ВВ, 3 – оптические датчики (световоды), 4 – ЭД

новременность инициирования не превышает 0,5 мкс. По результатам экспериментов можно судить о передаче детонации от системы инициирования к дисковым зарядам ДВМГ, что подтверждает работоспособность устройства.

Заключение

Проведены расчетно-теоретические и экспериментальные исследования в интересах создания системы инициирования зарядов ВВ модернизированных дисковых секций многоэлементных ДВМГ. В ходе работы была разработана и испытана в четырех экспериментах модель системы инициирования многоэлементного ДВМГ, а также проведена экспериментальная оценка времени от подачи подрывного импульса на ЭД до инициирования дискового заряда ВВ.

Газодинамические эксперименты подтвердили передачу детонации от инициатора промежуточному и дисковому зарядам ВВ. Время выхода детонационной волны на поверхность промежуточного заряда ВВ диаметром 50 мм соответствует расчету и находится в интервале от 5,4 до 6,1 мкс от момента подачи подрывного импульса на ЭД. Разновременность не превышает 0,7 мкс. Время от подачи подрывного импульса на ЭД системы инициирования до выхода детонационной волны на поверхность имитатора дискового заряда ВВ диаметром 100 мм

находится в пределах от 8,8 до 9,3 мкс, что согласуется с расчетами.

В газодинамических экспериментах проверена работоспособность системы инициирования и показана устойчивая передача детонации в модернизированной секции ДВМГ на модели в масштабе 1:1. Разработанная система инициирования может применяться в натурном устройстве в составе формирователя импульса тока.

Список литературы

1. Борискин А. С., Буйко А. М., Васюков А. М., и др. Магнитокумулятивные генераторы – импульсные источники энергии: Монография. В 2-х томах / Под ред. Демидова В. А., Пляшкевича Л. Н., Селемира В. Д. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ. 2012. Т. 1. С.276
2. Глушак Б. Л. Начала физики взрыва: Учебное издание. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2011. С. 126
3. Трунин Р. Ф., Гударенко Л. Ф., Жерноклетов М. В., Симаков Г. В. Экспериментальные данные по ударно-волновому сжатию и адиабатическому расширению конденсированных веществ: Научное издание / Под ред. Р. Ф. Трунина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ. – 2006.
4. Физика взрыва / Под ред. Л. П. Орленко. – Изд. 3-е, переработанное. – В 2 т. Т. 2. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. С. 605.

МОДУЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КАЛИБРОВКИ ГЕОФИЛЬТРАЦИОННЫХ И ГЕОМИГРАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В ЦИФРОВОМ ПРОДУКТЕ ЛОГОС ГИДРОГЕОЛОГИЯ

А. Н. Бахаев, Е. Н. Лысова, М. Л. Сидоров

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров

Введение

Важнейшей проблемой дальнейшего развития атомной отрасли страны является обеспечение безопасного обращения с радиационно-опасными отходами. В этой связи актуальным вопросом, имеющим значительный общественный резонанс, является получение достоверной информации о воздействии ЯРОО (ядерно- и радиационно-опасных объектов) и хранилищ РАО (радиоактивные отходы) на грунты, грунтовые и поверхностные воды.

Основным методом, позволяющим получить количественные пространственно-временные характеристики воздействия ЯРОО на природные среды и, в частности, на недра, является компьютерное моделирование процессов геофильтрации и геомиграции.

Калибровка математической модели (точной) территории на основании геологической модели – один из ключевых этапов моделирования задач подземной гидродинамики. Связано это в первую очередь с не-

определенностью свойств пород, информации об источниках и других трудно получаемых данных. В процессе калибровки необходимо найти «разумные» параметры модели, при которых вычисленные контрольные величины (например, напоры пресной воды) в определенных точках близки к величинам в наблюдательных скважинах.

Основные определения

Калибровка – это поиск определенного набора параметров, при котором результат моделирования наилучшим образом соответствует имеющимся фактическим (измеренным) данным.

На рис. 1 схематично представлен процесс автокалибровки.

Процесс автокалибровки состоит из следующих этапов:

– на начальном этапе производится загрузка исходных данных, таких как начальный набор калибруемых параметров, данные для решения задачи и т.д.;

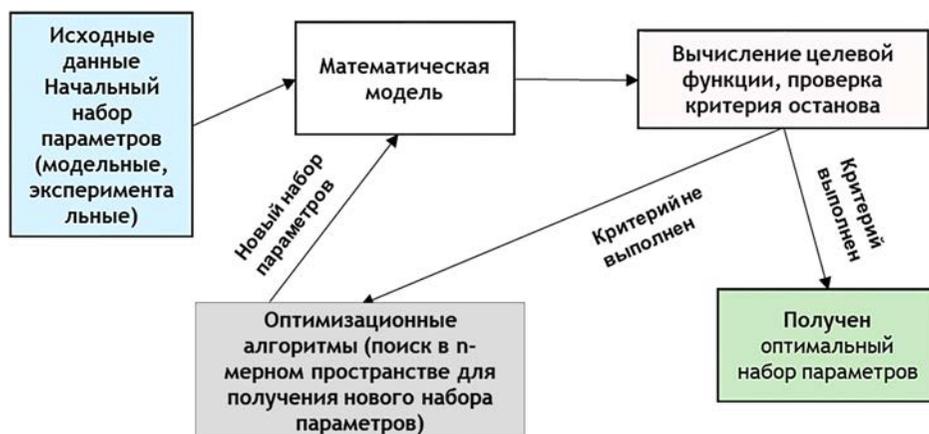


Рис. 1. Схема процесса автокалибровки

– после загрузки данных в математическую модель производится решение задачи и формируется вектор выходных данных (например, вычисленные напоры в контрольных скважинах);

– производится вычисление целевой функции, проверка критерия останова процесса вычислений, если критерий выполнен, то получен оптимальный набор параметров, задача автокалибровки решена, в противном случае переходим в оптимизационный блок;

– в оптимизационном блоке с помощью поисковых алгоритмов производится получение нового набора параметров;

– далее новый набор загружается в математическую модель и процесс повторяется до получения оптимального набора параметров.

Используется следующая целевая функция – квадрат отклонения полученных значений от наблюдаемых:

$$J(\bar{P}) = \sum_{i=1}^n \omega_i (F_i^{comp} - F_i^{obs})^2 \quad (1)$$

где n – количество точек наблюдений (наблюдательных скважин),

$\bar{P} = (p_1, \dots, p_n)$ – вектор наборов параметров, ω_i – весовая функция, F_i^{comp} – модельные (вычисленные) значения, F_i^{obs} – экспериментальные (наблюдаемые) значения.

Для каждого набора параметров (многомерный вектор) $\bar{P} = (p_1, \dots, p_n)$ найденное значение функции F_i^{comp} в узле с номером i будет своим, и отличаться от наблюдаемого F_i^{obs} . Цель задачи – найти такой набор параметров \bar{P} , при котором $J(\bar{P})$ достигает минимума. Существуют различные модификации целевой функции, однако в данной работе они не рассматриваются.

Проблематика, обзор методов

Основные проблемы, которые возникают при решении задачи автокалибровки:

– проблема исходных данных (конечная точность доступных измерений, погрешность измерений, человеческий фактор);

– неопределенность параметризации расчетной модели: неоднородность среды,

отсутствием достаточного количества наблюдений;

– большое разнообразие методов анализа чувствительности параметров и оптимизационных методов – проблема выбора;

– проблема использования методов ОАТ (one-at-a-time), где параметры меняются по одному при фиксированных остальных – проблема, т.к. не учитываются взаимодействия параметров;

– анализ чувствительности: низкая чувствительность к большому количеству параметров;

– адекватность диапазонов изменений калибруемых параметров.

Существует множество методов для решения задачи (1), все алгоритмы можно разделить условно на группы:

– методы случайного поиска (локальные, глобальные, блуждающие алгоритмы);

– методы детерминированного поиска (нулевого порядка: циклический покоординатный спуск, метод Хука-Дживса, метод Розенброка, метод Пауэлла, метод Нелдера-Мида; первого порядка: метод наискорейшего спуска, метод сопряженных направлений; SLS (Stepwise Line Search), SCE (Shuffled Complex Evolution), PSO (Particle Swarm Optimization));

– гибридные методы (комбинация методов случайного и детерминированного поиска).

В процессе решения задачи автокалибровки важной характеристикой является оценка чувствительности параметров. Существуют различные методы для оценки чувствительности параметров: Latin Hypercube and One-factor-At-a-Time (OAT), метод Соболя [3] (стохастический) и т.д.

Концептуально самым простым методом анализа чувствительности является метод последовательного измерения чувствительности (one at a time sensitivity measures (OAT)). Чувствительность параметра обычно находится следующим образом:

– подаем на вход один измененный параметр, оставляя другие с исходными значениями;

Метод Stepwise Line Search (SLS)

Stepwise Line Search (SLS) [1] – это детерминированный линейный пошаговый метод, используемый в случае, когда начальные данные для оптимизации хорошо найдены.

К достоинствам данного метода относятся: простота реализации, «автоматическая» применимость в параллельном режиме (не нужны процедуры работы с разреженными неквадратными матрицами), неплохая работоспособность в рамках разумных областей поиска параметров.

К недостаткам данного метода относятся: низкая по сравнению с регуляризованными градиентными методами скорость нахождения локального оптимума, зависимость от дискретизации области поиска.

На рис. 4 представлена схема вычислений метода SLS.

Метод SLS состоит из следующих операций:

- расчет начинается с задания начальных данных. Задаются число итераций, число итераций детализации, диапазоны нахождения параметров;
- выбирается набор параметров из заданных диапазонов;
- значения всех параметров, кроме одного, фиксируются;
- значение выбранного параметра увеличивается или уменьшается на один шаг, при этом определяется направление понижения значения целевой функции;
- если понижение значения целевой функции происходит, то выбранному параметру присваивается новое значение, соответствующее уменьшенной величине;
- если понижение значения целевой функции не происходит, то это значение фиксируется, и операция, описанная в п. 4,



Рис. 4. Схема вычислений метода SLS

выполняется в отношении следующего параметра;

- если понижение целевой функции не происходит после прохода по всем параметрам, то переходим в п.2, т.е. выбираем новый набор параметров;

- при достижении заданного количества итераций процесс поиска прекращается, вектор параметров, соответствующий наименьшему значению, подвергается детализации;

- вывод результатов.

Процесс детализации аналогичен основному алгоритму за некоторым исключением. В шаге 2 происходит выбор набора, обеспечивающего наименьшее значение целевой функции. Условием прекращения детализации будут являться либо достижение числа итераций детализации, либо попадание в шаге 7.

Метод Dynamically Dimensioned Search (DDS)

Метод DDS был предложен в работе [2]. Это метод случайного поиска минимума, который относится к глобальным методам. К достоинствам данного метода случайного поиска можно отнести его относительную инвариантность относительно начального приближения, простоту вычислений, возможность организации параллельных вычислений. Недостатком метода считается возможное повышенное число итераций вычислений в некоторых случаях.

В методе DDS с помощью критериев и алгоритмов генератора случайных чисел на каждом шаге производится формирование множества возмущаемых параметров, то есть возможны следующие случаи: возмущается один параметр из набора, возмущается несколько параметров, возмущаются все параметры.

На рис. 5 представлена схема вычислений метода DDS, где $maxiter$ – максимальное число итераций, i – номер итерации, \bar{P}_0 – вектор начального набора параметров, \bar{P}_{min} – вектор минимальных значений пара-

метров, \bar{P}_{max} – вектор максимальных значений параметров, J_{best} – наименьшее значение целевой функции, при наборе параметров \bar{P}_{best} , eps – заданная точность.

Тестовые функции

Для верификации алгоритмов использовались аналитические функции, с известными значениями минимумов, которые широко используются для тестирования алгоритмов оптимизации. Приведен вид трех аналитических функций, таких как (2) Rastrigin (1974), (3) Griewank (1981) и (4) Ackley (1987):

$$f(\bar{x}) = An + \sum_{i=1}^D [x_i^2 - \cos(2\pi x_i)], \quad (2)$$

где $A = 10, x_i \in [-5.12, 5.12]$

$$f(\bar{x}) = \sum_{i=1}^D \left[\frac{x_i^2}{4000} \right] - \prod_{i=1}^D \cos(x_i/\sqrt{i}) + 1, x_i \in [-500, 700] \quad (3)$$

$$f(\bar{x}) = -20 \exp \left(-0.2 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^D [x_i^2]}{D}} \right) - \exp \left(\frac{1}{D} \sum_{i=1}^D \cos(2\pi x_i) \right) + 20e, x_i \in [-2, 2] \quad (4)$$

На рис. 6, 7, 8 представлены результаты сравнения метода DDS и метода SCE (Shuffled Complex Evolution) для аналитических функций (2), (3) и (4), где D – означает число неизвестных функции (размерность).

Как видно из графиков 6, 7, 8 – метод DDS демонстрирует хорошую сходимость и выходит на минимум функции быстрее метода SCE.

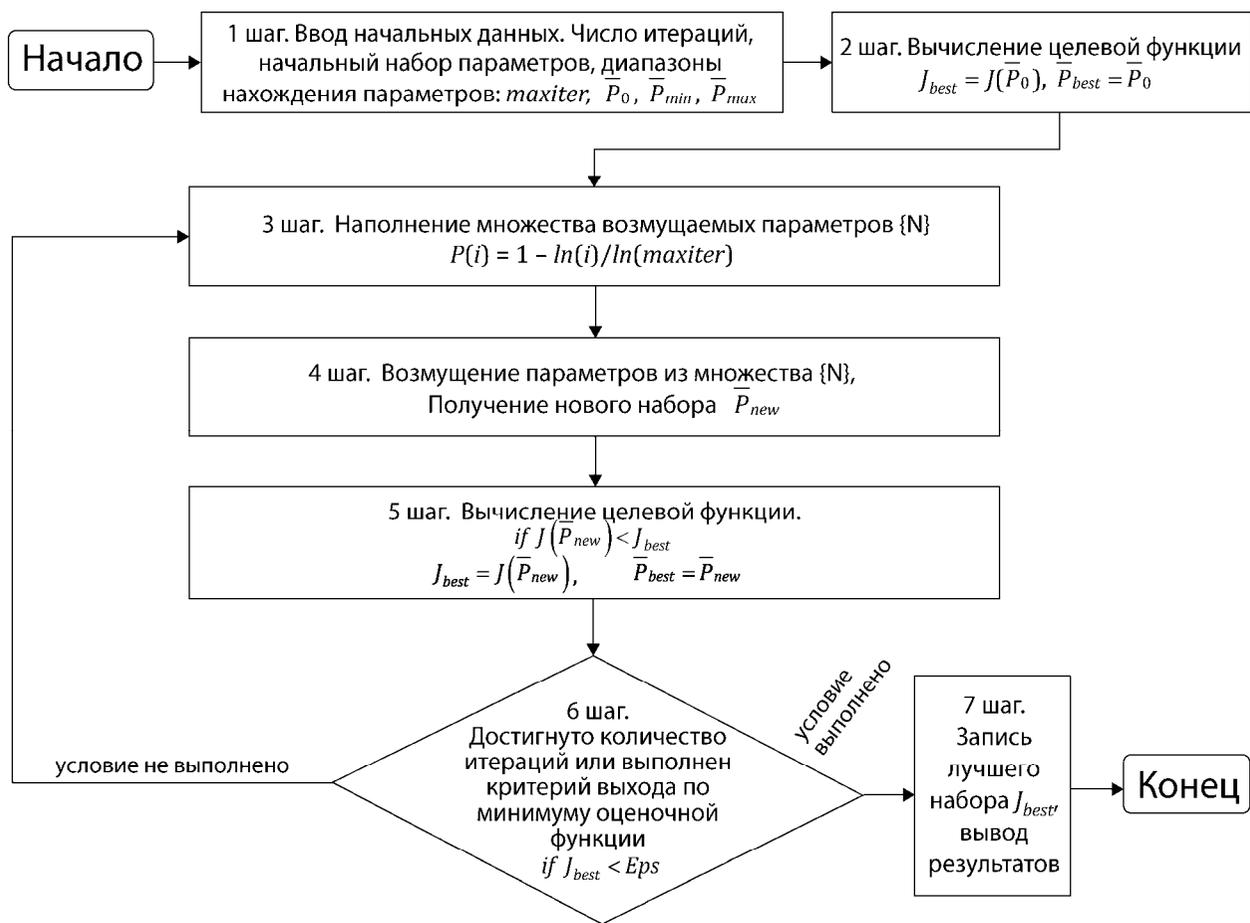


Рис. 5. Схема вычислений метода DDS

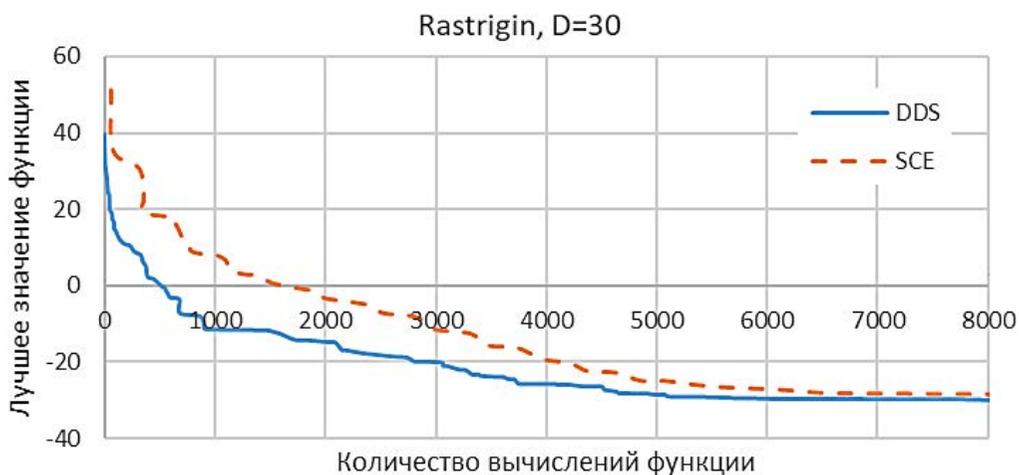


Рис. 6. Сравнение результатов минимизации функции (2) методами DDS и SCE

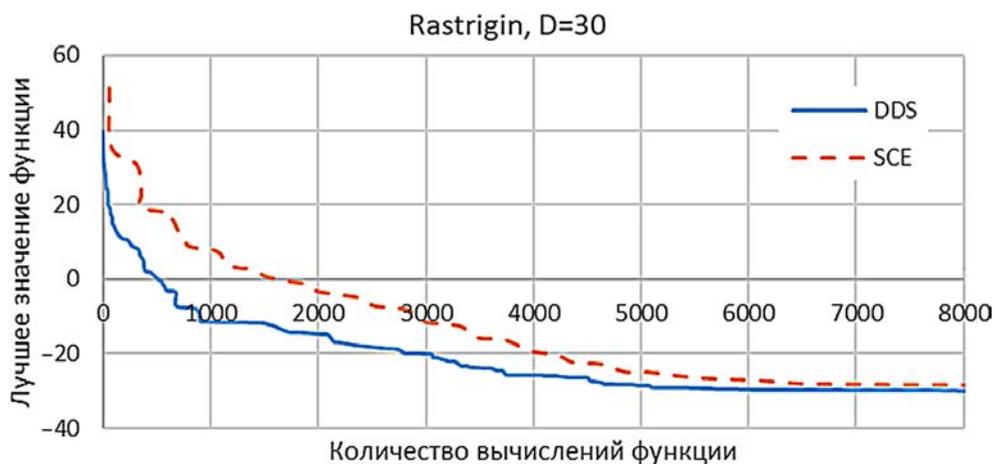


Рис. 7. Сравнение результатов минимизации функции (3) методами DDS и SCE

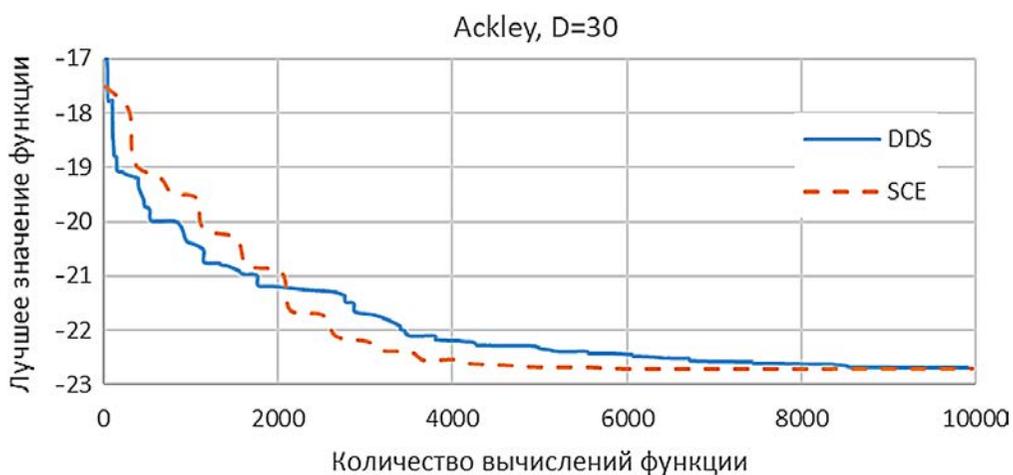


Рис. 8. Сравнение результатов минимизации функции (4) методами DDS и SCE

Модельная задача

Для верификации описанных методов рассматривается модельная задача, постановка которой приведена в табл. 1. Число калибруемых параметров было 14, калибровались следующие величины: горизонтальный коэффициент фильтрации, вертикальная анизотропия, инфильтрационное питание, максимальная эвапотранспирация, коэффициенты фильтрации водоемов и рек.

На рис. 9 приведено графическое представление модельной задачи в цифровом продукте Логос Гидрогеология.

На рис. 10 представлен график сходимости по методу DDS.

По результатам автокалибровки модельной задачи получено стандартное отклонение модельных напоров от замеренных 0.68 м. Относительная ошибка калибровки модели по напорам: 4.1% (GMS Pest 3.3%). Время расчета: 4.5 часов (GMS Pest порядка 3 часов). Число итераций: 1500 (GMS Pest порядка 300 «внутренних» итераций).

На рис. 11, 12 представлены окна обработки результатов автоматической калибровки, в которых пользователь имеет возможность выбрать лучший найденный набор параметров, оценить диаграмму рассеивания, оценить разницу по контрольным скважинам и т.д.

На рис. 13 представлен график ускорения, в зависимости от числа используемых процессоров для параллельных расчетов.

Постановка модельной задачи

Характеристика	Начальные данные для калибровки
Габариты	3,6 км на 5,6 км
Площадь территории	13 км ²
Средний размер ребра по литерале	10 м
Число геологических слоев	2
Число расчетных слоев	10 (по 5 на каждый геологический слой)
Число ячеек поверхностной сетки	137 000
Число ячеек трехмерной сетки	1 370 000
Процесс	стационарная напорная фильтрация
Источники	реки, водоемы, инфильтрации, эвапотранспирация, боковое ГУ 2 рода
Число наблюдательных скважин	68

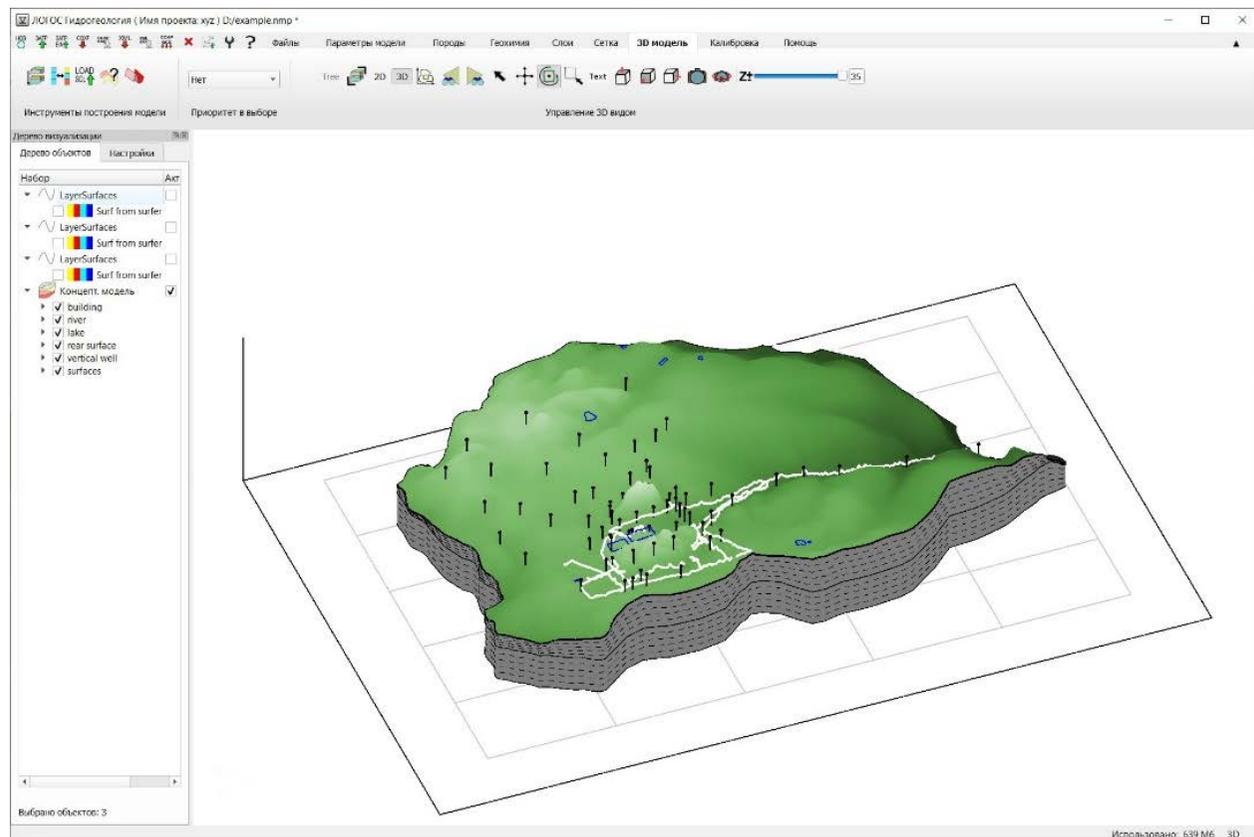


Рис. 9. Модельная задача в цифровом продукте Логос Гидрогеология

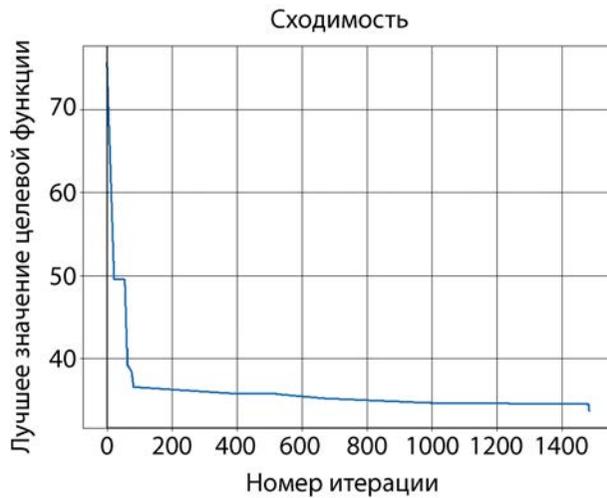


Рис. 10. График сходимости метода DDS на модельной задаче

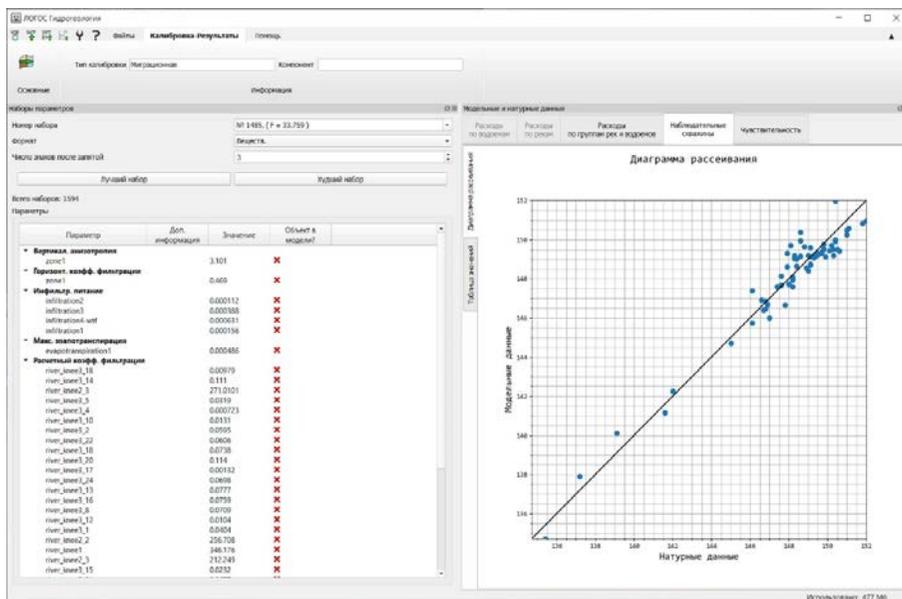


Рис. 11. Окно обработки результатов автокалибровки в цифровом продукте Логос Гидрогеология

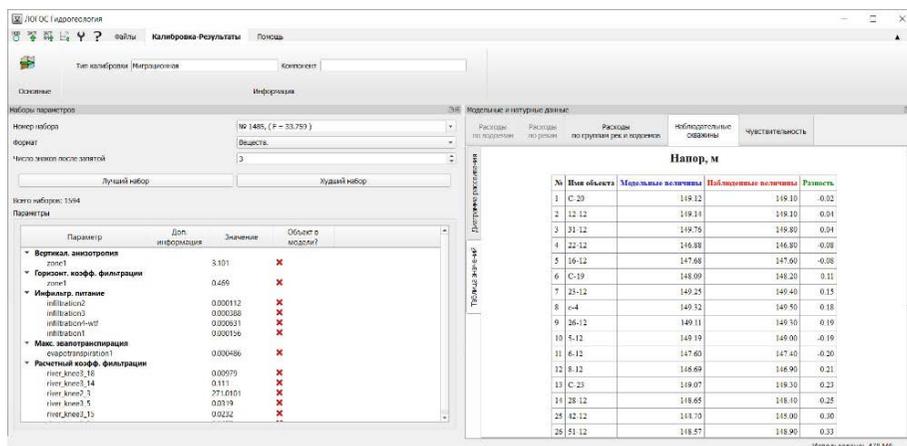


Рис. 12. Окно обработки результатов автокалибровки в цифровом продукте Логос Гидрогеология

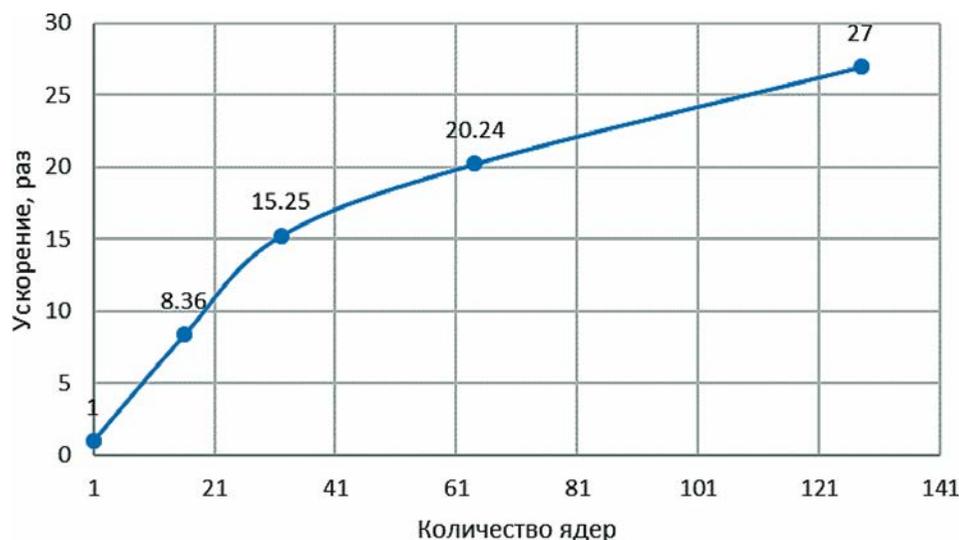


Рис. 13. График ускорения, в зависимости от числа используемых процессоров на модельной задаче

Заключение

Разработан модуль автоматической калибровки геофильтрационных и геомиграционных моделей в цифровом продукте Логос Гидрогеология. В составе модуля разработаны инструменты задания параметров калибровки, а также инструменты обработки и визуализации полученных результатов (диаграмма рассеяния, таблица значений, график сходимости и т.д.). Работоспособность алгоритмов (SLS, DDS) модуля кросс-верифицирована как на тестовых аналитических функциях, так и на модельных задачах, в сравнении с иностранным программным обеспечением. Алгоритмы модуля адаптированы для проведения параллельных расчетов, что позволяет значительно сократить календарное время расчета задач.

Научное издание

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЯ

*Сборник материалов XXI сессии отраслевой молодежной школы-семинара
(г. Саров, 15–17 ноября 2022 года)*

Ответственный за выпуск *А. В. Воеводин*
Компьютерная подготовка оригинала-макета *Т. В. Ильин*

Материалы публикуются в авторской редакции

Подписано в печать 02.10.2023 г. Формат 60×84/8
Усл. печ. л. ~12,8 Уч.-изд. ~11
Печать офсетная. Тираж 125 экз. Зак. тип. 1649-2023

Отпечатано в ИПЦ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»
607188, г. Саров Нижегородской обл., ул. Силкина, 23



**XXI сессия отраслевой молодежной школы-семинара
«Промышленная безопасность и экология»
г. Саров, 15–17 ноября 2022 года**



РОСАТОМ



**РФЯЦ-ВНИИЭФ
РОСАТОМ**