ВЕСТНИК

МЕЖДУНАРОДНОЙ АКАДЕМИИ НАУК ЭКОЛОГИИ
И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Том 24 №3

2019

Санкт-Петербург

ISSN 1605-4369

ВЕСТНИК МЕЖДУНАРОДНОЙ АКАДЕМИИ НАУК ЭКОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ (МАНЭБ)

Теоретический и научно-практический журнал

Том 24, № 3 **2019г.**

Журнал основан в 1995 году

Главный редактор: доктор технических наук, профессор **Родин Геннадий Александрович**
Заведующий редакцией: кандидат технических наук, доцент **Занько Наталья Георгиевна**

Лицензия серия ЛР № 090176 от 12 мая 1997 г.

Редакционный совет:

Русак Олег Николаевич – председатель Редакционного совета, доктор технических наук, профессор, Президент МАНЭБ
Агошков Александр Иванович – доктор технических наук, профессор
Алборов Иван Давыдович – доктор технических наук, профессор
Бородий Сергей Алексеевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Иванов Андрей Олегович – доктор медицинских наук, профессор
Ковязин Василий Федорович – доктор биологических наук, профессор
Минько Виктор Михайлович – доктор технических наук, профессор
Мустафаев Ислам Исрафил оглы – доктор химических наук, профессор, член-корреспондент НАН Азербайджана
Паля Януш Янович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Польша)
Пенджиев Ахмет Мырадович – кандидат технических наук, доктор сельскохозяйственных наук, доцент (Туркмения)
Петров Сергей Афанасьевич – доктор технических наук, профессор
Петров Сергей Викторович – кандидат юридических наук, профессор
Чердабаев Магауия Тажигараевич – доктор экономических наук, профессор (Казахстан)

Редакционная коллегия:

Баранова Надежда Сергеевна – доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Бардышев Олег Андреевич – доктор технических наук, профессор
Воробьев Дмитрий Вениаминович – доктор медицинских наук, профессор
Габибов Фахраддин Гасан оглы – кандидат технических наук, старший научный сотрудник (Азербайджан)
Ибадулаев Владислав Асанович – доктор технических наук, профессор
Грошилин Сергей Михайлович – доктор медицинских наук, профессор
Ефремов Сергей Владимирович – кандидат технических наук, доцент
Линченко Сергей Николаевич – доктор медицинских наук, профессор
Малаян Карпуш Рубенович – кандидат технических наук, доцент
Позднякова Вера Филипповна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Фаустов Сергей Андреевич – доктор медицинских наук, доцент

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и размещается на сайте Научной электронной библиотеки eLIBRARY (www.elibrary.ru).

За использование сведений, не подлежащих публикации в открытой печати, ответственность несут авторы.

Адрес редакции: 194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., 5, тел/факс: (812)6709376, электронная почта: vestnik_maneb@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ..... 4

Куликов К.Н., Петров С.А. Замена реакторного отсека на атомном ледоколе «Ленин».. 4

Репин С.В., Зазыкин А.В. Анализ влияния надежности структурных элементов транспортных средств на безопасность дорожного движения..... 15

Бардышев О.А., Бардышев А.О., Филин А.Н., Яковлев В.В. Обеспечение безопасности техники на опасных производствах..... 21

Зайцева В.В., Михайленко В.С.Индикаторные трубки - энергонезависимые средства газового контроля. История развития и основные характеристики..... 31

Русак А.Е. О сокрытии несчастных случаев на производстве..... 40

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ 44

Скрипник И.Л., Воронин С.В. Учет источников образования взвешенных частиц для улучшения экологической обстановки в регионах 44

Золотарев Г.М., Чан Куок Чунг Очистка акватория Тихого океана от плавающего мусора..... 50

Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Волошина А.Д., Сапармырадов К.А., Бадеева Е.К., С.Т. Минзанова С.Т., Миронова Л.Г, Хаяров Х.Р. Биологическая деградация элементного фосфора 53

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ 65

Голобоков С.А. Основные направления формирования основ безопасности жизнедеятельности у воспитанников филиала нахимовского военно-морского училища..... 65

ИНФОРМАЦИЯ..... 72

Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности..... 72

Редакционная политика журнала «Вестник МАНЭБ» 73

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 621.0

ЗАМЕНА РЕАКТОРНОГО ОТСЕКА НА АТОМНОМ ЛЕДОКОЛЕ «ЛЕНИН»

Куликов К.Н., кандидат технических наук, АО «НИПТБ «Онега», e-mail: kkulikov@onegastar.ru.

Петров С.А., доктор технических наук, профессор, НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ, e-mail: profpetroff@mail.ru.

Аннотация. Рассмотрены подготовительные работы по отсоединению выгружаемого реакторного отсека атомного ледокола «Ленин» от корпуса, буксировка ледокола к месту выгрузки отсека в район захоронения, работы на ледоколе в районе выгрузки отсека, буксировка ледокола в г. Мурманск, постановка ледокола в док.

Ключевые слова: атомный ледокол «Ленин», ядерная энергетическая установка, инциденты с ядерной паропроизводящей установкой, активная зона, затопление реакторного отсека.

REPLACEMENT OF THE REACTOR COMPARTMENT ON THE NUCLEAR ICEBREAKER "LENIN»

Kulikov K.N., Petrov S.A.

Abstract. Preparatory work on disconnecting the unloaded reactor compartment of the nuclear icebreaker "Lenin" from the hull, towing the icebreaker to the place of unloading the compartment in the burial area, work on the icebreaker are considered

Key words: nuclear boat, nuclear power plant, incidents with nuclear steam generating plant, active zone, flooding of the reactor compartment.

Совет Министров СССР 20 ноября 1953 года принял постановление (№ 2840-1203) о разработке и строительстве мощного ледокола с ядерной энергетической установкой (ЯЭУ) для создания регулярно-действующей транспортной магистрали – Северного морского пути.

Проектирование атомохода возлагалось на ЦКБ 15 (ныне – ОАО «ЦКБ «Айсберг», главный конструктор ледокола В.И. Неганов) и было выполнено в 1953–1955 гг. В июле 1956 года состоялась закладка ледокола на судостроительном заводе в Ленинграде, ледокол спущен на воду 5 декабря 1957 года. Научное руководство проектом атомного ледокола (АЛ) и ядерной паропроизводительной установки (ЯППУ) осуществлялось ЛИП АН (ныне – РНЦ «Курчатовский институт», научный руководитель – академик А.П. Александров).

Разработка проекта ЯППУ для АЛ была поручена ОКБ Горьковского завода № 92 (ныне – АО «ОКБМ Африкантов», главный конструктор И.И. Африкантов). Эскизный проект судовой ЯППУ типа ОК-150 был разработан к маю 1954 г., технический проект завершен к марту 1955 г. В течение 1956 года подготовлена рабочая конструкторская документация на оборудование и системы ЯППУ. Реакторное оборудование ЯППУ было изготовлено и смонтировано в 1958–1959 годах. В августе 1959 года осуществлен физический пуск ядерных реакторов.

12 сентября 1959 г. начаты ходовые испытания, а 3 декабря 1959 г. – АЛ «Ленин» сдан Министерству морского флота страны. Основные характеристики ледокола приведены в таблице 1.

На ледоколе размещена трёхреакторная ЯППУ (см. рис. 1).

Таблица 1 – Основные технические характеристики ледокола «Ленин»

Наименования характеристик	Значения параметров
Длина наибольшая, м	134,1
Ширина наибольшая, м	27,6
Высота борта до верхней палубы, м	16,1
Осадка по конструктивную ватерлинию, м	9,6
Водоизмещение наибольшее, тыс. т	19 (16)
Мощность установки на валах, тыс. л.с.	44
Максимальная скорость, уз	19,6 (18)
Экипаж, чел	243 (236)
Основные параметры ЯППУ	
- тепловая мощность, МВт	3×90 = 270
- давление в первом контуре, МПа	18
- температура на выходе из реакторов, °С	325
- давление во втором контуре, МПа	3
- температура пара, °С	300

Инциденты с ЯППУ АЛ «Ленин». В научной литературе описывается несколько инцидентов, отмеченных в конце эксплуатации реакторной установки ОК-150, отдельные из которых могут квалифицироваться как аварийные происшествия или аварии. Эти происшествия (в 1965–1966 гг.) связаны с конструктивными и технологическими особенностями первой судовой ЯППУ, которые привели к неустранимым течам теплоносителя основного контура, а также с ошибками обслуживающего персонала, которые при их развитии привели к тяжёлым последствиям. Так, в феврале 1965 года остановка циркуляции основного контура привела к частичному разрушению (расплавлению) до ~ 60 % тепловыделяющих сборок активной зоны реактора № 2. В начале 1966 года при пожаре в аппаратной выгородке разрушены

кабельные трассы в реакторном отсеке. Летом 1966 года, при вводе установки в действии, была обнаружена течь вставной плакированной антикоррозийной рубашки из нержавеющей стали на силовом корпусе реактора № 1. В конце 1966 года на одном из реакторов была зафиксирована течь трубопроводов третьего контура, устранить которую не удалось.

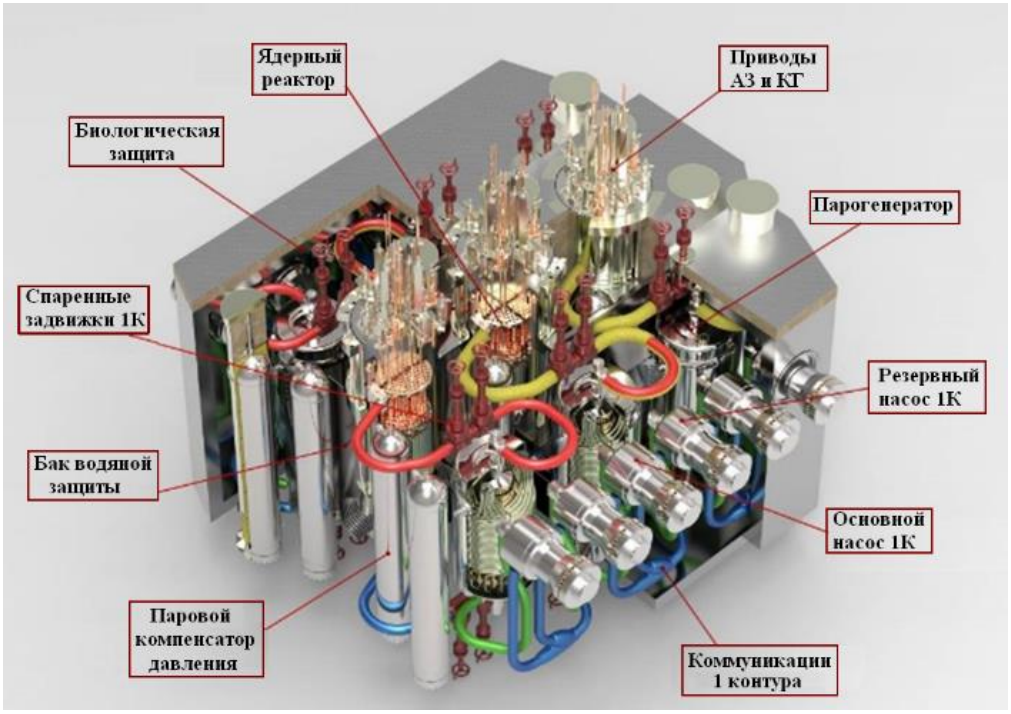

Рис. 1. Судовая ЯППУ ледокола «Ленин»

Решение о замене ОК-150 на ОК-900 вместо ремонта и модернизации эксплуатируемых реакторов было оформлено постановлением Совмина СССР от 18 февраля 1967 года № 148-62.

Общепринятый подетальный демонтаж оборудования ЯППУ был неприемлем по условиям тяжёлой радиационной обстановки, которая прогнозировалась при вскрытии контуров реакторной установки, чрезвычайно загрязнённых за шестилетнюю эксплуатацию. По оценкам специалистов, около 6500 человек получили бы предельно допустимую годовую дозу облучения (см. рисунок 2).

Сравнительный анализ результатов исследования конструкторских решений по способам выгрузки отсека ЯППУ показал, что надлежащую надёжность и безопасность проведения операции обеспечивают два способа: выгрузка отсека с применением док-понтона (способ 1) грузоподъёмностью до 4500 т; свободного сброса отсека с применением УКЗ (способ 4). Разрешение на реализацию свободного сброса отсека с возможным нарушением его целостности при посадке на дно получено от третьего ГУ Минздрава СССР при письме от 24.11.1966 г. № У-4856с.

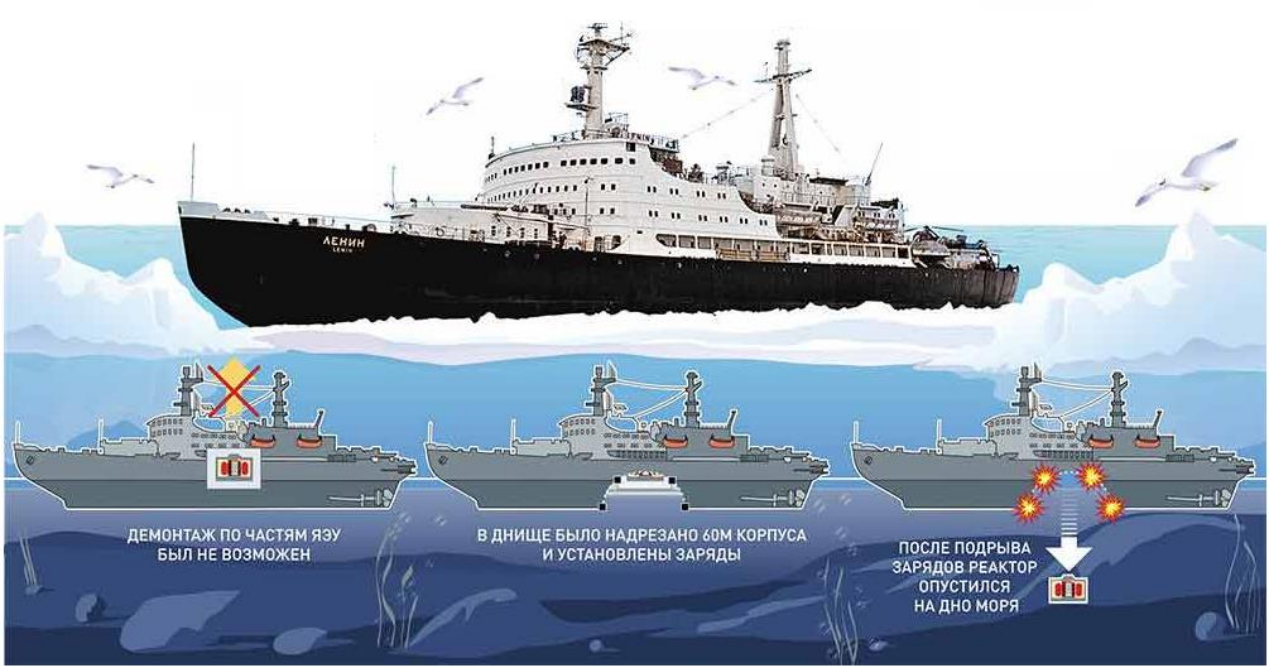

Рис. 2. Выбор варианта выгрузки реакторного отсека АЛ «Ленин»

Исследованы следующие способы выгрузки реакторного отсека:

1 – выгрузка отсека с применением док-понтона;

2 – выгрузка отсека с применением понтона-платформы и лебёдок;

3 – выгрузка отсека с применением судоподъёмных понтонов;

4 – свободный сброс отсека с применением удлинённого кумулятивного заряда (УКЗ);

5 – свободный сброс отсека с применением гидравлических задержников;

6 – сброс отсека с применением сходящихся понтонов.

Однако, способ 1 требует значительных объёмов работ, увеличения их стоимости (~ 1,35 млн. руб.) и сроков изготовления (до 10 мес.). Способ 4 имеет неоспоримые преимущества по стоимости, объёму и срокам проведения работ. Этот способ принят к реализации. Экономический эффект от его внедрения составил более 2 млн. руб. (На данный способ выгрузки реакторного отсека судовой ЯППУ выдано авторское свидетельство № 70189. Заявка 988927/26-25 от 18.11.1967 г.).

Проектантом судна выполнен расчёт общей прочности ледокола при выгрузке отсека ЯППУ, представлены и обоснованы допускаемые напряжения, определены изгибающие моменты и перерезывающие силы; определена общая прочность судна при постановке на волну.

Реализация проекта удаления отсека ЯППУ. Работы выполнялись в 5 этапов:

1 этап – подготовительные работы по отсоединению выгружаемого отсека от корпуса ледокола при его стоянке у береговой технической базы в г. Мурманске;

2 этап – буксировка АЛ к месту выгрузки отсека в район захоронения (залив Цивольки, о. Новая Земля);

3 этап – работы на ледоколе в районе выгрузки отсека – подводная электрорезка днищ, верхних участков переборок водолазами; дистанционная газовая резка нижних участков переборок, резка верхних участков переборок кумулятивными зарядами (УКЗ) и выгрузка отсека с его одновременным захоронением в море;

4 этап – обратная буксировка ледокола в г. Мурманск в сопровождении кораблей Северного флота;

5 этап – постановка ледокола в док для монтажа новых днищевых секций.

Демонтажные работы на ядерной установке ОК-150 выполнялись с 19 апреля 1967 г. К августу 1967 года ледокол отбуксировали в г. Северодвинск, где реакторы установки ОК-150 приведены в безопасное состояние. Из реакторов выгрузили ядерное топливо, промыли первый контур и заполнили его твердеющей смесью. Затем перевели ледокол «Ленин» к острову Новая Земля и поставили на якоря. Подводная электрорезка днищевой обшивки периметром около 60 м выполнена в течение двух суток. Средние участки силовых продольных переборок толщиной от 36 до 52 мм разрезались вручную, затем, с помощью дистанционного устройства, – нижние участки. После дистанционной резки, выгружаемый комплекс удерживался верхними участками четырех силовых переборок, подлежащих подрыву удлинёнными кумулятивными зарядами.

Кинематика движения отсека при его выходе из корпуса ледокола была исследована на модели в масштабе 1:50 в бассейне ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. Действие кумулятивных зарядов проверялось в Военно-инженерной академии им. Ф.Э. Дзержинского (ныне – Академия РВСН имени Петра Великого) и в ЦНИИ металлургии и сварки МСП СССР на натуральных образцах стали толщиной 36 мм и на макетах в масштабе 1:5.

Схема размещения в корпусе ледокола выгружаемой части реакторного отсека и его габариты представлена на рисунке 3.

Спускные направляющие, предназначенные для обеспечения организованного выхода отсека, предотвращают появление крена и дифферента до его выхода из корпуса судна, исключают возможность повреждения отсеком корпусных конструкций ледокола. (Выбран вариант размещения направляющих, устанавливаемых вдоль бортовых сторон выгружаемого отсека ЯППУ).

На полотне каждой из четырёх переборок АЛ «Ленин» монтировался заряд (типа 40-УКЗ-40) длиной 2300 мм и диаметром около 36 мм. Кроме того, заряды длиной по 1100 мм были установлены на четырех кницах, раскреплявших отсек в горизонтальной плоскости.

После подрыва зарядов, через 2–3 секунды отсек массой ~ 3700 т (габаритами ~ 12×13×22,5 м) начал движение вниз, выходя из корпуса ледокола. Масса выгружаемого отсека составила ~ 20 % водоизмещения судна. Ледокол «Ленин» при этом плавно всплыл при быстро затухающей амплитуде вертикальной качки. Таким образом, 19 сентября 1967 года в 22 часа 27 минут атомная установка ОК-150 была удалена с ледокола через его днище и захоронена в заданном районе моря на глубине 50 метров.

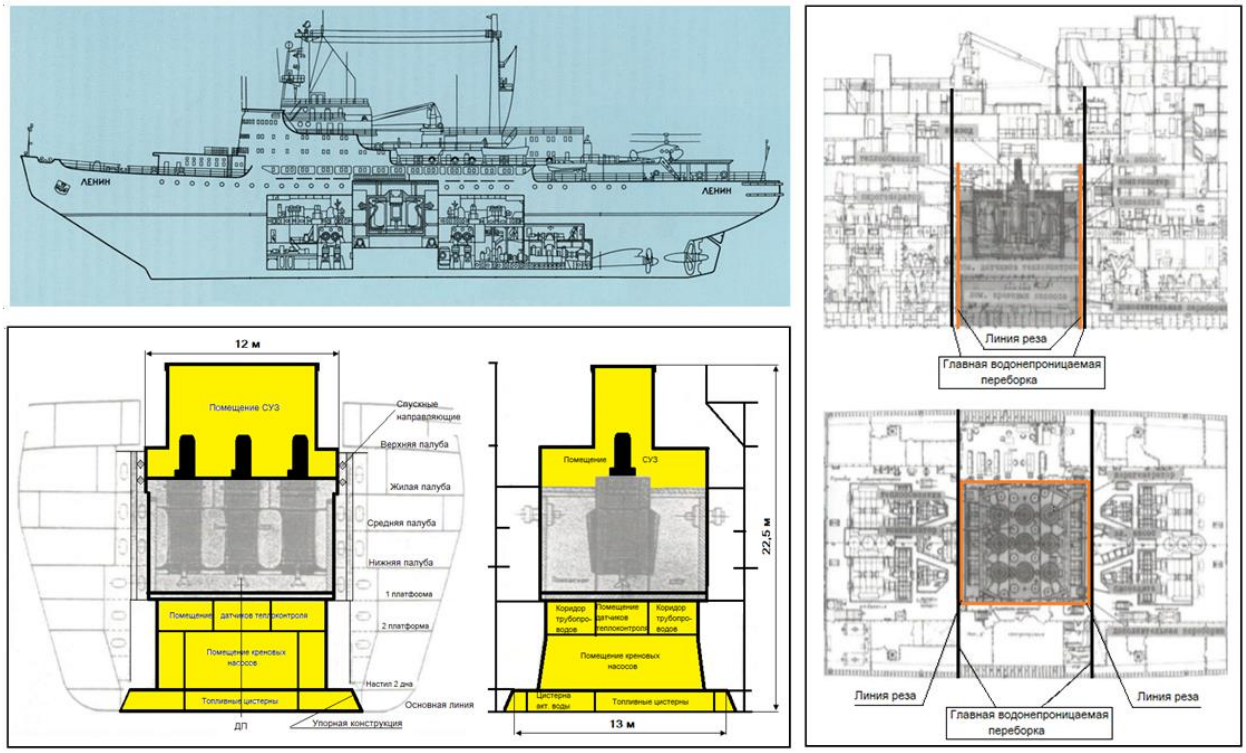

Рис. 3. Размещение и габариты выгружаемой части реакторного отсека

Обратная буксировка ледокола в г. Мурманск производилась при вырезанном днище (площадью ~ 12×13 м). Забортная вода, находившаяся в центральном отсеке ледокола, оказывала сильное гидродинамическое воздействие на водонепроницаемые переборки. Поэтому скорость буксировки была ограничена – до 9 узлов. 26 сентября 1967 года АЛ «Ленин» прибыл в Мурманск, 5 октября был установлен в док СРЗ-35 в поселке Росляково. Работы по восстановлению днища и монтажу забортной арматуры по проекту модернизации были закончены на ледоколе 20 ноября 1967 года.

Схема переходов АЛ «Ленин» к месту выгрузки реакторного отсека (о. Новая Земля, залив Цивольки) и на завод по модернизации атомохода («Звёздочка», г. Северодвинск) представлена на рисунке 4.

Активные зоны из всех трёх реакторов были выгружены ещё в августе месяце в г. Северодвинск. Две нормальные активные зоны отправлены на переработку. Некондиционные тепловыделяющие сборки (124 ОТВС) из состава третьей зоны из аварийного реактора были выгружены вместе с экранной сборкой и компенсирующей решёткой, а затем помещены в специальный цилиндрический контейнер, который заполнили твердеющим радиационно-стойким консервантом и загерметизировали приваренной крышкой из нержавеющей стали. После двухлетней выдержки на берегу контейнер с аварийными элементами поместили в кессон из нержавеющей стали специально построенного цилиндрического понтона, забетонировав после этого оставшееся в кессоне свободное место. В итоге понтон с контейнером с ОЯТ затопили

также в заливе Цивольки на восточном побережье архипелага Новая Земля (на правой части рисунка 4 это захоронение обозначено под номером 7).

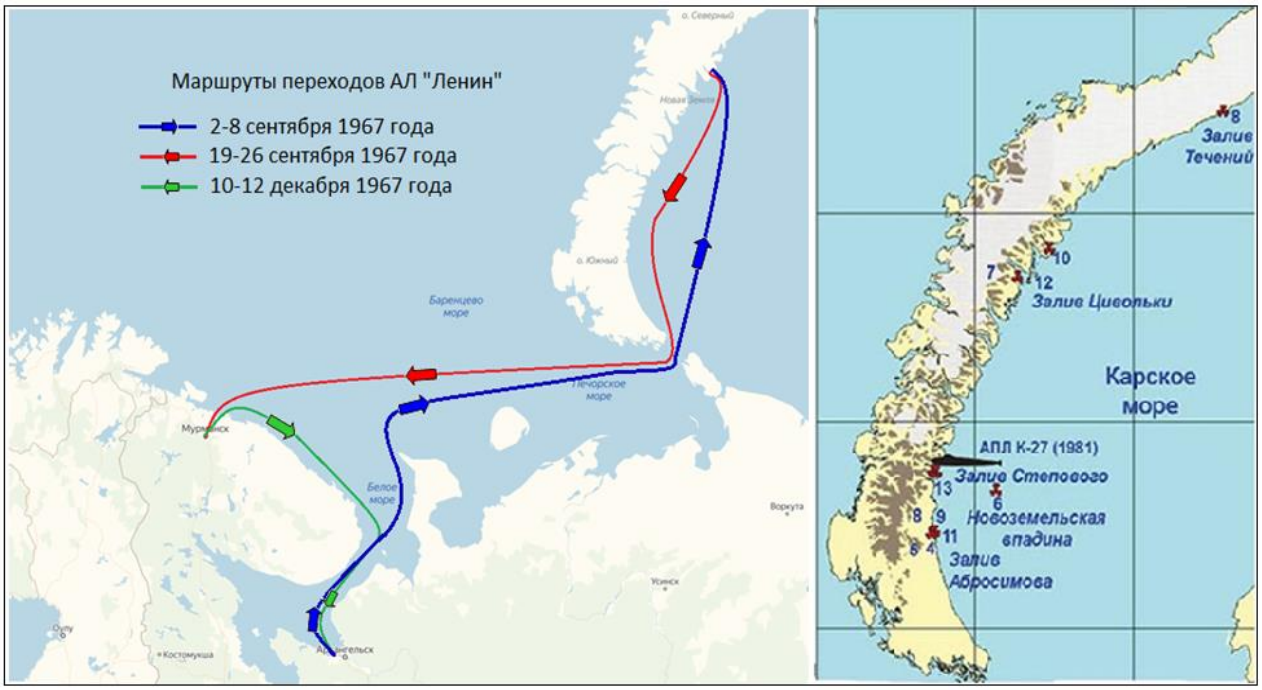

Рис. 4. Схема переходов (на левом рисунке) АЛ «Ленин» к месту выгрузки реакторного отсека (на рисунке справа отмечено цифрой 10) и на завод по модернизации атомохода

Обследование затопленного отсека и контейнера с экранной сборкой одного из реакторов АЛ «Ленин» проводится достаточно регулярно. На рисунках 5-6 представлена информация по результатам обследования в 2010 году.

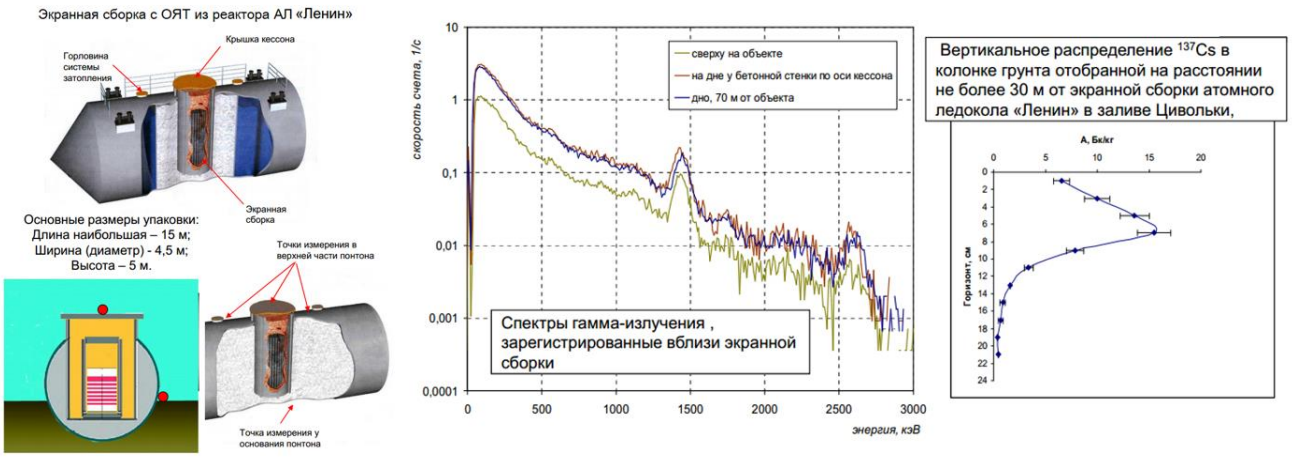

Рис. 5. Результаты обследования затопленной экранной сборки с ОЯТ одного из реакторов атомохода «Ленин»

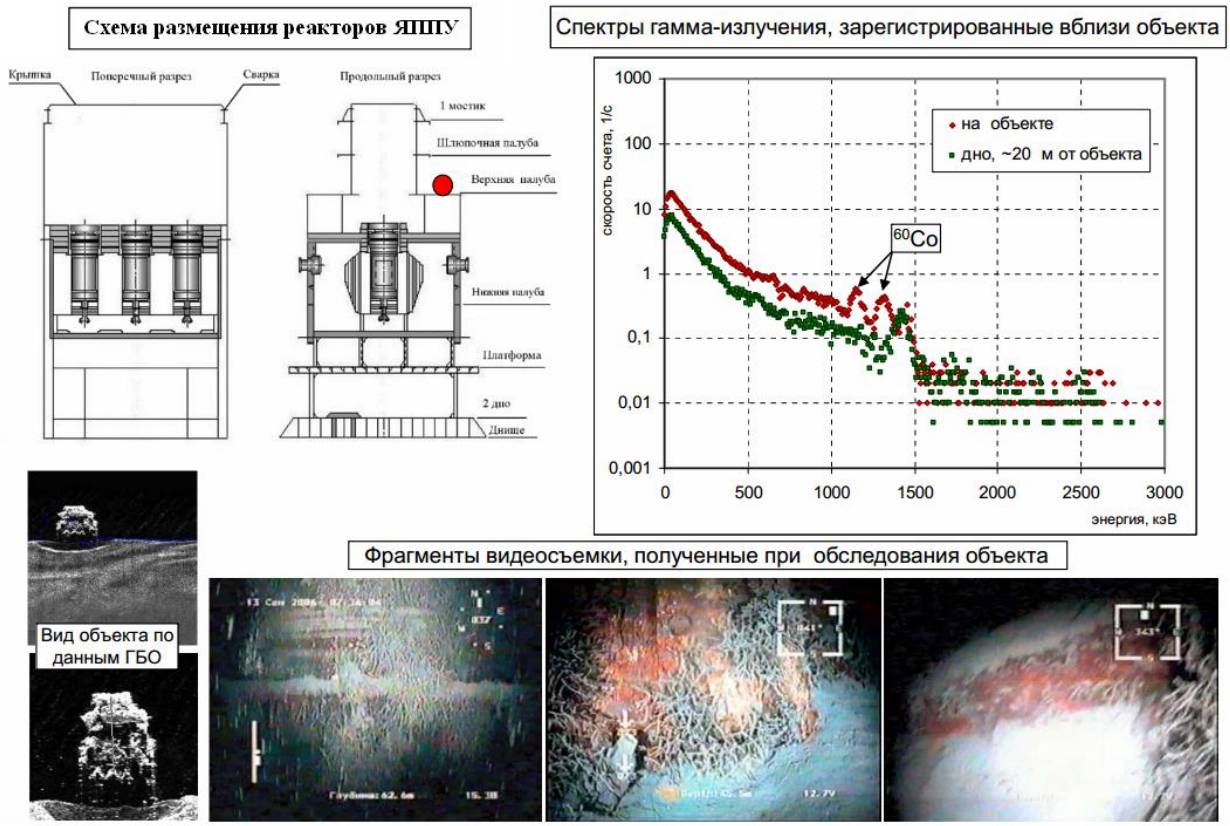

Рис. 6. Результаты обследования затопленного реакторного отсека АЛ «Ленин»

Радиационная обстановка в районе затопления отмеченных крупномасштабных объектов, по данным РНЦ "Курчатовский институт", следующая:

- на поверхности объекта не зарегистрировано повышенных, по сравнению с расчётными оценками, уровней гамма-излучения, что свидетельствует о целостности внутренних защитных барьеров;

- в донных отложениях, внутри экранной сборки, не обнаружено превышения концентраций техногенных радионуклидов, относительно средних по заливу.

Отдельные этапы реализации программы замены реакторного отсека АЛ «Ленин» и модернизации атомохода представлены на рисунке 7.

В процессе модернизации АЛ сформировано 220 новых помещений (из 678 имеющихся на ледоколе), в том числе реакторного отсека, определявшего сроки сдачи атомохода. На ледоколе установлено около 6200 единиц нового оборудования (из них свыше тридцати – головные образцы), проложено более 200 км электрокабелей и 50 км труб разных диаметров. Некоторые характеристики установок ОК-900 и ОК-150 представлены в таблице 2. Экономическая эффективность модернизации ледокола оценивается годовой экономией эксплуатационных расходов в 4,2 млн. руб., а на планируемый срок службы – около 84 млн. руб.

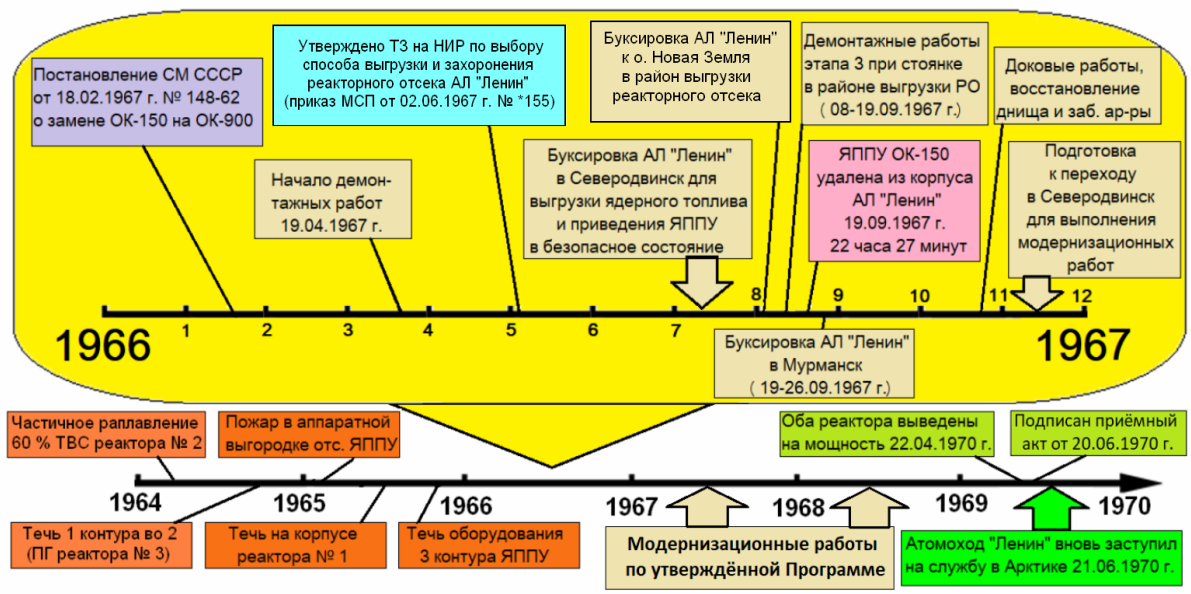

Рис. 7. Отдельные этапы выполнения программы модернизации атомного ледокола «Ленин», реализованные в 1967-1970 гг.

Таблица 2 – Сравнение основных характеристик ЯППУ ОК-900 и ОК-150

Наименование характеристик	Судовые ЯППУ	
	ОК-900	ОК-150
Количество автономных ППУ, шт.	2	3
Номинальная тепловая мощность реакторов, МВт	2×159 = 318	3×90 = 270
Номинальная паропроизводительность, т/ч	440	360
Длительность кампании, отнесённая к тепловой мощности реакторов, соответствующей полной мощности ГЭУ, тыс. ч	~ 16	~ 6
Давление теплоносителя в 1 контуре, МПа	13	18
Давление пара за парогенераторами, МПа	3,1	3
Температура пара за парогенераторами, ºС	310	300
Габаритные размеры установки в плане по биозащите, м	13,4×7,8 = 104,5	11,5×12,8 = 147,2
Примечание. При работе одного реактора обеспечивается мощность на винтах до 70 % от полной		

В течение всего срока эксплуатации, ледокол «Ленин» в 1959-1989 годах участвовал в 26 навигациях. За этот период проведено во льдах Арктики 3741 транспортное и ледокольное судно, пройдено 654,4 тыс. морских миль (86 % из них – во льдах) – это составляет путь, равный 30 кругосветным путешествиям по экватору планеты Земля. За период с 1960 по 1976 гг. навигация в западном районе Арктики была продлена со 100 суток до 11 месяцев. Навигация в Арктике в 1977-1978 годы длилась без перерыва 13 месяцев. В 1989 году АЛ «Ленин» выведен из эксплуатации и пришвартован

у Морского вокзала г. Мурманск. С 2009 года ледокол «работает» музеем, который посетило более 400 тыс. человек.

Заключение

1. Первый в мире атомный ледокол (АЛ) «Ленин» разработан и построен в 1956-1959 гг., принят в состав морского флота страны 3 декабря 1959 года. На ледоколе отмечено несколько инцидентов в конце эксплуатации первой судовой ядерной установки ОК-150, отдельные из которых квалифицированы, как аварии с тяжёлыми последствиями. Общепринятый подетальный демонтаж оборудования ЯППУ был неприемлем по условиям тяжёлой радиационной обстановки, которая прогнозировалась при вскрытии контуров ядерной установки. По оценкам специалистов, около 6500 человек получили бы предельно допустимую годовую дозу облучения. Принято решение (Постановление Совмина СССР от 18.02.1967 года № 148-62): вместо ремонта и модернизации реакторов заменить ядерную установку ОК-150 на новую - типа ОК-900.

2. Проект выгрузки реакторного отсека содержал 5 этапов. Первые три этапа определяли подготовительные работы по отсоединению выгружаемого отсека от корпуса АЛ; буксировку ледокола к месту выгрузки отсека; резку участков переборок, в том числе, кумулятивными зарядами и выгрузку отсека с его одновременным захоронением в море. Демонтаж ядерной установки ОК-150 (массой ~ 3700 т и габаритами ~ 12×13×22,5 м) произведён 19 сентября 1967 года, способом агрегатной выгрузки вместе с биологической защитой через днище ледокола, непосредственно в назначенном районе захоронения, в море на глубине 50 м. На этапах 4-5: обратная буксировка АЛ в город Мурманск и его постановка в док для монтажа новых днищевых секций.

3. Буксировка ледокола в г. Мурманск производилась при вырезанном днище (площадью 12×13 м). Скорость буксировки составила 9 узлов. 26 сентября 1967 года АЛ «Ленин» прибыл в Мурманск, работы по восстановлению днища и монтажу забортной арматуры по проекту модернизации были закончены на ледоколе 20 ноября 1967 года. Затем ледокол был переведён в г. Северодвинск для выполнения модернизационных работ, где 12 декабря 1967 года с помощью буксиров АЛ ошвартован к причалу «Звездочки» на южных Яграх.

4. В апреле 1970 года, к 100-летнему юбилею «вождя мирового пролетариата», чьё имя носит ледокол, оба реактора новой установки были выведены на мощность. У заводской стенки провели комплексные испытания установки ОК-900, а в мае того же 1970 года обновленный ледокол с новой энергетикой отправился в море на ходовые испытания. Спустя месяц был подписан приемный акт, и 21 июня 1970 года атомоход «Ленин» вновь заступил на службу в Арктике.

5. В период эксплуатации АЛ «Ленин» участвовал в 26 навигациях, пройдено 654,4 тыс. морских миль (86 % из них – во льдах!). В 1989 году АЛ выведен из эксплуатации и пришвартован у Морского вокзала города Мурманск. С 2009 года ледокол «работает» музеем, который ежегодно посещают 40-50 тыс. человек.

В январе 2016 года атомный ледокол «Ленин» был включен в единый государственный реестр памятников культурного наследия федерального значения

Библиография

1. Петров Н.И., Старшинов В.А. Опыт эксплуатации АЭУ ледокола «Ленин». Морской вестник, 2004 г., № 2-4
2. Способ выгрузки реакторного отсека судовой АППУ. – Авт. свид. № 70189. Заявка 988927 / 26-25 от 18.11.1967.
3. Бордученко Ю.Л. Развитие отечественного ледокольного флота. ИПТ РАН имени Н.С. Соломенко, 2013 г.
4. Емельяненков А.И. Как из «Ленина» вырезали сердце. Российская газета - Неделя № 283(6555), 2014 г.
5. Салькова А.В. Как «Ленин» ломал льды «холодной войны». 60 лет спуску на воду первого атомного ледокола «Ленин». 05.12.2017
6. Зайцева С.В., Копасов Г.Н., Кунов В.И. Ледокол «Ленин»: характер нордический. Технологии. 14 мая 2019

УДК 625.096

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НАДЕЖНОСТИ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Репин С.В., доктор технических наук, профессор, **Зазыкин А.В.**, кандидат технических наук; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.

Аннотация. Статья посвящена разработке метода оценки влияния надежности транспортных средств (ТС) на безопасность дорожного движения (БДД). Метод основан на рассмотрении ТС, как сложной технической системы, анализе структурных элементов ТС, оказывающих наибольшее влияние на БДД. Метод предусматривает расчет наработки на отказ и времени восстановления подсистем, узлов и деталей, вероятности безотказной работы. Результат применения метода – рекомендации по периодичности замены элементов автомобиля в зависимости от требуемой вероятности безотказной работы.

Ключевые слова: безопасность, транспортное средство, надежность, наработка на отказ, время восстановления.

ANALYSIS OF THE IMPACT OF RELIABILITY OF STRUCTURAL ELEMENTS OF VEHICLES ON ROAD SAFETY

Repin S.V., Zazykin A.V.

Abstract. The article is devoted to the development of the impact assessement method of the vehicles reliability to road safety. The method is based on the description of vehicles as complex technical system and analysis of structural elements of vehicles, having the greatest impact to road safety. The method provides for the calculation of operating time and recovery time of subsystems, assembles and parts, the probability of reliable work. The result of the method application – recommendations on the frequency of replacement of vehicle elements at the dependence from needed probability of reliable work.

Key words: safety, vehicle, reliability, time of reliable work, recovery time

Необходимость разработки метода оценки влияния надежности транспортных средств на безопасность дорожного движения вызвана потребностью принятия срочных мер по снижению количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП) из-за неудовлетворительного технического состояния транспортных средств. Уменьшение количества ДТП по данной причине возможно только путем повышения эксплуатационной надежности транспортных средств [1]

Известны методы управления надежностью сложных технических систем средствами технической эксплуатации. Они разработаны в авиации, на автотранспорте [2, 3] и других сферах [4]. Особенно четкий подход показан в трудах В.С. Лукинского и Е.И Зайцева [3], основанный на выявлении *деталей, лимитирующих надежность*, которые подлежат первоочередному ремонту или замене. Установлены также системы автомобиля, по причине неисправностей, которых наиболее часто происходят ДТП.

Однако, инженерная методика, которой может воспользоваться механик по эксплуатации транспортных средств, до сих пор не создана. Описание такой методики и является целью данной статьи. При написании её использованы работы авторов в области БДД, теории надежности и технической эксплуатации ТС.

Россия ,по данным МВД, занимает первое место среди стран Европы и Северной Америки по дорожно-транспортным происшествиям со смертельным исходом на 100 000 жителей и 6-е место, при пересчете на 100 000 автомобилей, уступая лишь Украине, Албании, Молдавии, Румынии и Белоруссии. Начиная с кризисного 2008 года по 2017 год, парк легковых автомобилей в России вырос практически в два раза. Рост пропускной способности предприятий по обслуживанию и ремонту автомобилей за этот период составил лишь 30%. Это естественным образом отразилось на росте ДТП в целом по стране.

Российская Госавтоинспекция подсчитала полную статистику по ДТП по РФ за 2016 год. Общее количество дорожных происшествий снизилось на 5,6%, по сравнению с 2015 годом, и составило 173 694 ДТП. За первые девять месяцев 2017 года имеет место снижение количества ДТП, по сравнению с предыдущим годом на 10%.

Количество ДТП в РФ, вызванных эксплуатацией, технически неисправных транспортных средсв, составляет 3,6% от общего количества ДТП и остается высоким, по сравнению с другими странами Европы. Очевиден вывод, что увеличение количества ДТП по этой причине вызвано снижением эксплуатационной надежности транспортных средств. Углубленный анализ причин происшествий позволяет утверждать, что фактическое количество ДТП, вызванных техническими неисправностями, более значительно. Данное мнение подтверждается опросом 11500 водителей - участников ДТП. Причиной, вызвавшей ДТП, 32% опрошенных указали, является нарушение работы тормозной системы, в частности, АБС или ее отказ [6].

Проведенный анализ показал, что причинами ДТП являются нарушения работы тормозной системы (32-50%), внешних световых приборов и приборов сигнализации(16-23%),шин (12-15%), рулевого управления(11-14%).

Очевидно, что снижение количества ДТП, по причине технической неисправности, возможно, за счет повышения надежности транспортных средств. Вероятность нахождения автомобиля в работоспособном состоянии определяется взаимодействием потоков отказов и восстановлений. Так, вероятность безотказной работы на отрезке времени ΔT [2]:

$$P(t) = \exp[-\Lambda(t) \cdot \Delta T], \quad (1)$$

где $\Lambda(t)$ – приведенная интенсивность отказов; t – срок службы ТС (вместо срока службы можно использовать пробег).

$$\Lambda(t) = 1/[T_{от}(t) + T_{в}] \text{ ч}^{-1} \quad (2)$$

где $T_{от}(t)$ – наработка на отказ; $T_{в}$ – время восстановления после отказа.

Величины, обратные $T_{от}(t)$ и $T_в$, представляют собой интенсивности потоков отказов $\lambda(t)$ (заявок на обслуживание) и восстановлений $\mu(t)$:

$$\lambda(t) = 1/T_{от}(t), \quad \mu(t) = 1/T_в . \tag{3}$$

Конструктивная связь элементов любого сложного технического объекта может быть представлена в виде древовидной структуры, состоящей из систем (двигатель, рама, трансмиссия и. д.), которые собраны из узлов, в состав которых входят сложные детали (колесо в сборе), состоящие в свою очередь из более простых деталей:

Системы машины – *I*.

Каждая *I*-я система содержит количество узлов – J_I, каждый J_I-тый узел включает количество сложных деталей – K_{IJ}, сложные детали состоят из более простых в количестве – L_{IJK}. Градация продолжается до самой последней неразборной детали.

Так как практически все элементы автомобиля соединены последовательно, то вероятность безотказной работы P_0 самой машины, ее систем P_I, узлов P_{IJ} и деталей P_{IJK} можно описать однотипными уравнениями

$$P_0 = \prod_{i=1}^{I} P_i \ , \ P_I = \prod_{j_I=1}^{J_I} P_{j_I} \ , \ P_{IJ} = \prod_{k_{JI}=1}^{K_{JI}} P_{k_{JI}} \ , \ P_{IJK} = \prod_{l_{KJI}=1}^{L_{KJI}} P_{l_{KJI}} \ . \tag{4}$$

Начало эксплуатации машины является общей точкой отсчета ресурса всех элементов сложной системы. Из-за того, что элементы системы имеют различные значения показателей долговечности, отказы элементов будут происходить в случайные моменты времени, которые становятся начальной точкой отсчета ресурса элементов. В начале эксплуатации машина состоит только из новых (заводских) элементов, вероятность отказа которых значительно меньше, чем у замененных в процессе ремонта узлов. По мере старения машины происходит замена различных элементов.

Суммарная интенсивность установившегося потока отказов системы λ_0 будет складываться из интенсивностей потоков отказа элементов λ_i.

Поскольку в системе элементы, как правило, включены последовательно, то при отказе элемента отказывает вся система, тогда по аналогии с формулой (4) интенсивность потока отказов машины, ее систем, узлов и деталей можно описать уравнениями:

$$\lambda_0 = \sum_{i=1}^{I} \lambda_i, \ \lambda_I = \sum_{j_I=1}^{J_I} \lambda_{j_I}, \ \lambda_{IJ} = \sum_{k_{JI}=1}^{K_{JI}} \lambda_{k_{JI}}, \ \lambda_{IJK} = \sum_{l_{KJI}=1}^{L_{KJI}} \lambda_{l_{KJI}}. \tag{5}$$

Отказы элементов, сложной восстанавливающийся системы, можно принять практически несвязанными друг с другом, тогда как, наработка между отказами является случайной величиной, рождаемой процессом без последействия и распределенной по экспоненциальному закону [4].

Интенсивность отказов элементов автомобиля зависит от срока его эксплуатации (пробега). Используем теорию массового обслуживания для описания вероятностей состояний машины на основании информации об интенсивностях потоков отказов $\lambda_i(t)$ и восстановлений $\mu_i(t)$ отдельных из *n*-го количества элементов (систем, узлов).

Машина состоит из большого числа элементов, отказ которых в процессе эксплуатации устраняют посредством ремонта. Поочередно, в случайные моменты времени, машина из работоспособного состояния (S_0) может переходить в состояние отказа первого элемента (S_1) или второго элемента и т. д. вплоть до S_n. Время простоя в ремонте, особенно в неплановом, также является случайной величиной, зависящей от характера повреждений элемента, наличия запасных частей и т. п. Если принять поток отказов и восстановлений простейшими, то машину можно рассматривать, как систему массового обслуживания (СМО), показанную на рис. 1.

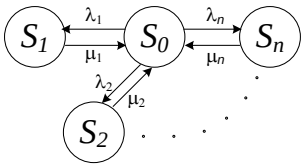

Рис. 1. Граф состояний машины, как сложной восстанавливаемой системы.

Для установившегося режима граф СМО можно описать уравнениями Колмогорова:

$$\begin{cases} -P_0\lambda_1 + F_1\mu_1 = 0; \\ -P_0\lambda_2 + F_2\mu_2 = 0; \\ \ldots\ldots \\ -P_0\lambda_n + F_n\mu_n = 0; \\ P_0 + F_1 + F_2 + \ldots + F_n = 0. \end{cases}$$

где P_0, F_1, F_n – вероятности нахождения системы, соответственно, в работоспособном состоянии (ноль отказов), с отказом первого элемента, с отказом n-го элемента; $\lambda_{1\ldots n}$ и $\mu_{1\ldots n}$ – соответствующие интенсивности потоков отказов и восстановлений.

Решая систему уравнений, можно выразить вероятности всех состояний:

$$F_i(t) = P_0(t)\frac{\lambda_i(t)}{\mu_i(t)}; P(t) = \left[1 + \sum_{i=1}^{n}\frac{\lambda_i(t)}{\mu_i(t)}\right]^{-1}, \quad (6)$$

где F_i – вероятности нахождения машины, соответственно, в состоянии отказа i-го элемента. Если учитывать только внезапные отказы, переводящие машину из работоспособного состояния в неработоспособное, то второе выражение будет соответствовать коэффициенту готовности.

На рис. 3 и 4 приведены результаты расчета вероятностей состояний систем ТС (на примере легковых автомобилей семейства ВАЗ) по формулам (1-6), выполненные на основании наших исследований.

Для управления надежностью, методами технического сервиса, следует определить периодичность замен элементов по требуемому уровню надежности, согласно рекомендациям [4]. Методика, реализованная в математической среде Mathcad [5] содержит блоки: анализа статистических данных по отказам, построения гистограммы и

графиков плотности и функции вероятности распределения, наработки шлангов на отказ и оценки вероятности безотказной работы.

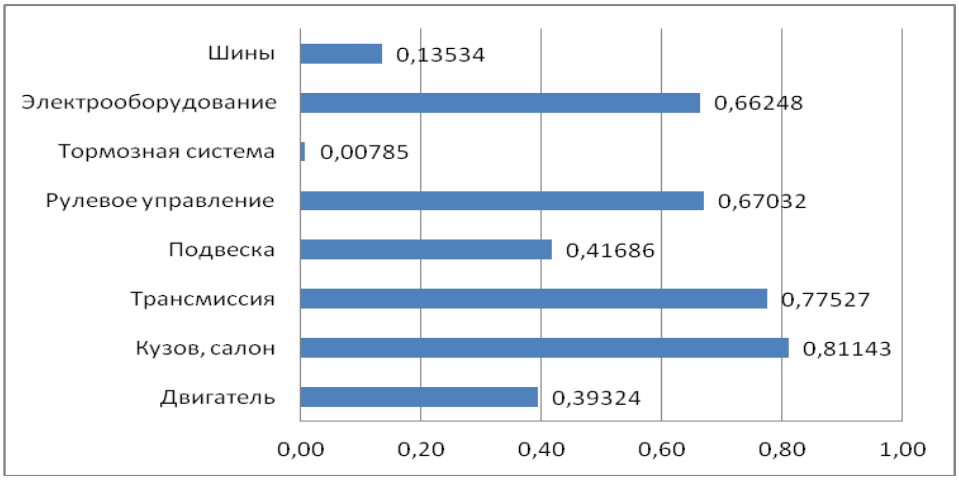

Рис. 2. Вероятность безотказной работы систем ТС в течение одного года

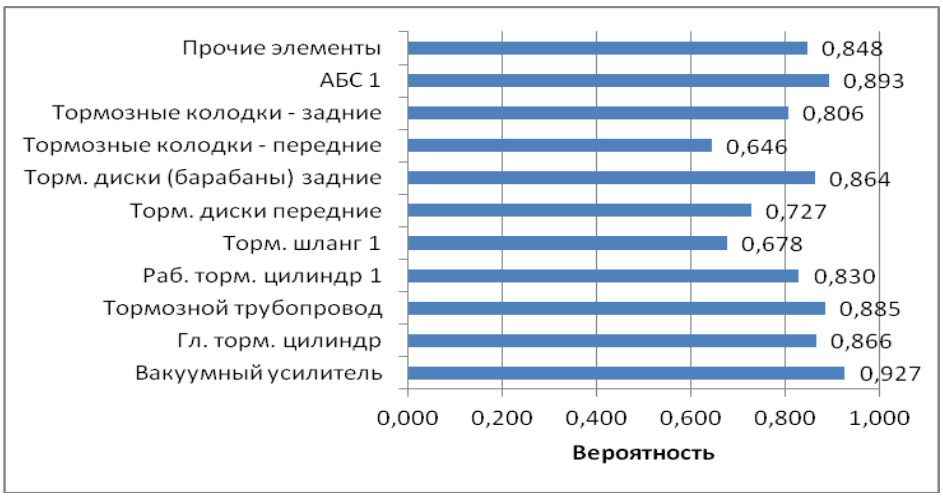

Рис. 3. Вероятность безотказной работы в течение года элементов тормозной системы транспортных средств и вклад в нее отдельных элементов машины.

Разработанная методика позволяет установить периодичность замены элементов автомобиля, в зависимости от требуемой вероятности безотказной работы *P(L).* Например, расчетами по этой методике, для одного из наиболее часто выходящего из строя элемента тормозной системы – шлангов, для значений *P(L)* = 0,95 получено, что период замены шлангов составит 15 тыс. км. Если заменять шланги с интервалом пробега 20 тыс. км, то вероятность *P(L)* в конце интервала приблизится к 0,89. На практике, по нашим данным, средний пробег шлангов на замену равен 36 тыс. км, что соответствует P(L) = 0,5.

Заключение

Несмотря на снижение общего количества ДТП в РФ за последние годы, доля аварий по причине эксплуатации технически неисправных транспортных средств остается высокой.

Изучение распределения количества ДТП, по причине внезапных отказов систем автомобиля, показало наибольшее влияние тормозной системы, внешних световых приборов и сигнализации, шин и рулевого управления.

Описанный в статье метод анализа структурной надежности позволяет оценить вклад каждого элемента в общую надежность автомобиля и, таким образом, потенциальную опасность возникновения ДТП.

Для повышения надежности автомобиля предлагается метод расчета периодичности замены элементов автомобиля в зависимости от требуемой вероятности безотказной работы.

Библиография

1. Дорожно-транспортная аварийность в Российской федерации за 12 месяцев 2016 года. Информационно-аналитический обзор. – М.: ФКУ НИЦ БДД МВД России, 2017, 18 с.
2. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей: Теоретические и практические аспекты: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия». – 2007. – 288 с.
3. Зайцев, Е.И. и др. Надежность автотранспортных средств / Е.И. Зайцев, И.И. Заметалин, В.С. Лукинский. – СПб.: - СПбГИЭА. – 1994. – 80 с.
4. Методология обеспечения работоспособности транспортно-технологических машин и комплексов средствами технической эксплуатации / Репин С.В., Рулис К.В., Зазыкин А.В., Крупин С.А. - Монография. - СПб.: СПбГАСУ. - 2012. - 218 с.
5. Methodology of Ensuring Road Traffic Safety With Respect to Road-Building Materials Compaction Efficiency Factor / Sergei Nosov, Viktor Kuzmichev, Sergei Repin, Sergei Maksimov // Transportation Research Procedia. Volume 20, 2017, Pages 450-454. https://authors.elsevier.com/sd/article/S2352-1465(17)30073-X.
6. Формирование системы мониторинга технического состояния транспортных сред, допускаемых к эксплуатации по условиям безопасности дорожного движения / С.Г. Зубриський, П.А. Красавин, А.В. Рузский // Материалы международной конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах», Санкт-Петербург, 27-28 сентября 2012 г. //Электронный ресурс. Режим доступа:http://www.spbgasu.ru/Nauchnaya_i_innovacionnaya_deyatelnost/Konferencii_i_seminary/20_sentyabrya_2012_goda_Organizaciya_i_bezopasnost_dorojnogo_dvijeniya_v_krupnyh_gorodah.
7. Штайц Е.А. О возможных причинах возникновения дорожно-транспортный происшествий// – [Электронный ресурс].– Режим доступа: http://www.agtu.ru/le_2006_6/sx/art/316794/cp/1/br/.html

УДК 349

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНИКИ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ

Бардышев О.А., доктор технических наук, профессор, академик МАНЭБ, oab15@mail.ru, **Филин А.Н.**, кандидат технических наук; Петербургский государственный университет путей сообщений (ПГУПС)

Яковлев В.В., кандидат военных наук, доцент, **Бардышев А.О.**, член-корреспондент МАНЭБ; ООО «СТЭК» Санкт-Петербург

Аннотация. Безопасность техники и оборудования на опасных производствах определяется рядом факторов – приспособленностью техники к выполнению задач в конкретных условиях, постоянным контролем ее технического состояния, организацией технологического процесса, обслуживания и ремонта, подготовкой персонала. В статье рассматриваются вопросы сертификации техники для использования на опасных производствах, организация контроля ее технического состояния в форме мониторинга, экспертного обследования и диагностирования, а также вопросы подготовки специалистов для осуществления этого контроля. Рассматривается ряд новых методик контроля технического состояния машин и оборудования.

Ключевые слова: контроль, сертификация, техническое состояние, экспертиза, диагностирование, мониторинг.

ENSURING THE SAFETY OF EQUIPMENT IN HAZARDOUS INDUSTRIES

Bardyshev O. A., Filin A. N., Yakovlev V. V., Bardyshev A. O.

Abstract. The safety of machines and equipment at hazardous productions is determined by a number of factors – the adaptability of the equipment to perform tasks at specific conditions, constant technical monitoring, the organization of technological process, maintenance and repair. The article deals with following issues - the certification of the equipment for the application at hazardous production, the organization of control functions at a form of monitoring, expert survey and diagnostic, the training of specialists for control functions. A number of new techniques of monitoring are considered.

Keywords: control, certification, technical condition, examination, diagnosis, monitoring

Безопасность техники и оборудования на опасных производствах (опасных производственных объектах) определяется рядом факторов – приспособленностью техники к конкретным условиям работы, постоянным контролем ее технического состояния, организацией технологического процесса, ее обслуживания и ремонта, подготовкой специалистов для обслуживания техники, а также специалистов для осуществления контроля за ее техническим состоянием.

Проблема обеспечения безопасности технических устройств на опасных производствах в настоящее время является весьма актуальной, в связи с тенденцией снижения уровня государственного контроля за такими производствами и возложения

основной обязанности по этому контролю на владельцев предприятий. Это просматривается, как в последних документах Ростехнадзора, так и в проекте нового закона «О промышленной безопасности».

Основное внимание, в этой области, обращается на приспособленность оборудования к работе в условиях опасных производств и их надежность и безопасность в период эксплуатации. Контроль за решением этих задач, постановлением Правительства Российской Федерации, возлагается, в настоящее время, на два ведомства – Ростехрегулирование и Ростехнадзор, при этом, на долю первого возлагается контроль за проектированием (конструированием) и изготовлением техники, а на долю второго – за ее эксплуатацией (использованием, обслуживанием и утилизацией).

На первом этапе должен обеспечиваться контроль за соответствием техники и оборудования требованиям технических регламентов Таможенного союза (ТР ТС) и, входящих в их состав, стандартов безопасности. Этот контроль осуществляется, аккредитованными Ростехрегулированием, испытательными центрами и органами по сертификации.

До 2015 года существовала система получения разрешений на применение оборудования на опасных производствах, выдаваемых Ростехнадзором на основании заключений экспертных организаций и сертификатов, после отмены этой системы ответственность за пригодность изготавливаемой техники, в том числе для работы на опасных производствах, возлагается на систему контроля в виде сертификации [1].

Контроль предусматривает оценку оборудования с точки зрения его безопасности при эксплуатации и соответствия его конструкции требованиям условий эксплуатации с учетом обязательных требований ТР ТС. Это может проводиться, как на готовом изделии, так и в период подготовки и изготовления. Последнее целесообразно в том случае, если оборудование заказывается под конкретный объект – по новому проекту или с корректировкой существующего проекта. В этом случае к работе представителей заказчика могут подключаться специалисты сертификационных подразделений в качестве консультантов. Полезность такого решения очевидна.

Например, при заказе комплекта кранов для контейнерного терминала в Новороссийском порту на заводе ZPMC в Китае, представителями заказчика вместе с такими консультантами на уровне проектов, было предложено внести ряд изменений для повышения безопасности их работы в соответствии с требованиями ТР ТС, что было принято изготовителем. На этапе приемки и заводских испытаний портальных кранов, по требованию приемщиков и испытательной лаборатории, заводу пришлось заменить не соответствующие проекту грузовые канаты.

При предварительном рассмотрении проекта 300-тонных металлургических кранов, изготавливаемых для России на одном из заводов Чехии, специалист сертификационного центра предупредил завод, что предлагаемая конструкция ходовых колес будет препятствием для сертификации, поскольку их прочность не удовлетворяет российским стандартам. Заводу пришлось заказывать ходовые колеса с

соответствующими параметрами в Германии, и возражения при сертификации кранов были сняты.

В ряде случаев получить полное представление о работоспособности оборудования на заводе-изготовителе не удается - когда окончательная сборка проводится на месте эксплуатации. Например, у больших энергетических котлов на заводе-изготовителе испытываются преимущественно экраны и барабаны, клапана и другая арматура вообще могут изготавливаться на других заводах, для вагоноопрокидывателей, гидравлика делается на специализированных заводах, поэтому процесс сертификации разделяется на этапы, и окончательное заключение может быть получено только после испытаний на месте эксплуатации.

Вообще, приемочные испытания оборудования являются важным фактором контроля качества оборудования и его соответствия нормативам. Это относится, как к новой, так и к серийной технике, которая монтируется на новом месте. Особенно следует отметить испытания тоннельных эскалаторов. Серийные эскалаторы, для каждой станции, делаются разной высоты подъема, поэтому существует требование, проводить грузовые испытания после монтажа для одного из группы эскалаторов в наклонном тоннеле. Проводить грузовые испытания для каждого из трех или четырех эскалаторов в наклоне сложно из-за большой трудоемкости работ по их нагружению. Обязательное проведение грузовых испытаний позволяет исключить ошибки монтажа и провести, качественно необходимые, регулировки.

Для крупных проектов, в целях обеспечения качества оборудования, генподрядчиком могут привлекаться для выбора поставщиков экспертные организации, в том числе имеющие в своем составе сертификационные подразделения. Так, при строительстве китайским генподрядчиком блока №10 Троицкой ГРЭС мощностью 660 МВт, представителями экспертной организации ЗАО «СТЭК», по договору с генподрядчиком, было обследовано несколько десятков предприятий в Китае, где предусматривалось изготовление оборудования блока. По рекомендации ЗАО «СТЭК», ряд предприятий был исключен из списка возможных поставщиков.

В большинстве случаев совместная работа завода-изготовителя, заказчиков и сертификационных органов приводит к получению техники, соответствующей нормативным требованиям, хотя имеются случаи невыполнения фирмами-изготовителями требований сертификационных органов, что приводит к отказу в приемке техники органами Ростехнадзора и к задержке ввода ее в эксплуатацию. Этим грешили, в основном, некоторые фирмы Италии и Польши, а в прежние времена и Китая.

Контроль безопасности оборудования на этапе эксплуатации со стороны государства возлагается на органы Ростехнадзора. Вместе с тем, количество предприятий, которые относятся к опасным производствам, постоянно растет, излишний объем контроля со стороны государства отрицательно влияет на бизнес. Поэтому основной задачей является - найти правильное соотношение между государственным контролем и мерами по обеспечению безопасности оборудования его владельцем.

Обеспечение высокой производственной эффективности и безотказности выполнения заданных технологических функций, а также безопасности их эксплуатации – основная задача любой организации, эксплуатирующей сложные технические системы. Для обеспечения заданных параметров безотказности этих систем, требуется знание основных причин нарушения работоспособного состояния, что достигается их постоянным контролем в период эксплуатации. Особенно это важно для машин и оборудования, используемых на опасных производственных объектах – паровых и газовых турбин, паровых котлов, химических реакторов, буровых установок, кранов большой грузоподъемности, тоннельных эскалаторов, компрессорных станций и др. От их исправности во многом зависит безопасность обслуживающего персонала и окружающей природы, поэтому своевременное предупреждение возможных отказов и аварий является существенным элементом эксплуатации этого оборудования.

Контроль технического состояния может быть постоянным и периодическим. Постоянный контроль может быть в форме мониторинга технического состояния, периодический в виде экспертизы или диагностики, выполняемой по разовым случаям – по отработке нормативного срока с целью продления эксплуатации, после восстановительного ремонта, для оценки состояния отдельных агрегатов после аварий на аналогичных машинах и т.п. [2].

Мониторинг определяется, как наблюдение, оценка и прогноз состояния системы или объекта. Мониторинг технического состояния является составной частью такой области знаний, как техническая диагностика, и определяется, как техническое диагностирование объекта контроля без выведения его из работы. Мониторинг технического состояния позволяет отслеживать состояние узлов и агрегатов, входящих в состав объекта контроля, своевременно предупреждать возможные аварийные отказы и внеплановые остановы, прогнозировать ресурс оборудования. Применение мониторинга технического состояния на промышленных предприятиях позволяет добиться повышения эффективности производства до 10% и снижения эксплуатационных затрат на поддержание работоспособного состояния оборудования до 50%, в результате предотвращается снижение производительности из-за простоев оборудования и экономия затрат на его ремонт и обслуживание.

Мониторинг может осуществляться постоянно с помощью встроенных диагностических устройств или периодически с использованием оборудования специализированных лабораторий. Классическим примером постоянного мониторинга является автомобиль. В старых моделях постоянно контролировались такие параметры технического состояния, как температура охлаждающей жидкости, давление масла в двигателе и зарядка аккумулятора с выводом информации на щиток управления. В современных моделях контролируются не только эти параметры, но и исправность других элементов автомобиля. При этом на дисплей щитка выводятся только иконки, обозначающие агрегаты или устройства безопасности, в случае их отказа или неисправности.

В сложных технических системах, технологический процесс которых контролируется встроенными компьютерами, постоянный контроль осуществляется по параметрам их работы и частично по состоянию базовых элементов. Например, на газовых компрессорах D14R6B французской фирмы DRESSER-RAND S.A., установленных на газоперекачивающей станции «Портовая», газопровода «Северный поток», постоянно контролируется вибрация вала и корпуса с помощью электронных бесконтактных датчиков вибрации в горизонтальной и вертикальной плоскости, установленных в зоне подшипниковых узлов и температура подшипников. Срабатывание аварийного сигнала происходит при появлении вибрации, показывающей нарастание износных процессов, а также при перегреве подшипников. Для предотвращения случайного срабатывания аварийного сигнала при нарастании вибрации во время пуска компрессора в систему встраивается таймер кратковременной задержки. В этом компрессоре также проводится индикация смещения вала ротора на опорном подшипнике. Сенсор и индикаторные компоненты считывают осевое перемещение ротора с точностью до 0,25 мм. Индикаторный элемент устройства может быть подсоединен, как к предупреждающему сигналу, так и к аварийному для оповещения о возможном сбое в работе упорного подшипника.

Аналогичные контрольные системы устанавливаются на паровых и газовых турбинах, где дополнительно может контролироваться исправность управляющих клапанов (гидроплотность, скорость срабатывания и др.).

Грузоподъемные краны на спец-шасси, гусеничные, портальные и краны мостового типа большой грузоподъемности, имеющие встроенные компьютеры, снабжаются системами самодиагностики, контролирующими состояние основных агрегатов. Например, система самодиагностики «СКЭП», разработанная НТЦ «Приводная техника», г. Челябинск, для кранов мостового типа позволяет контролировать работу ходовых колес, тормозов, редукторов, лебедок и приборов безопасности. Данные датчиков архивируются и выводятся на дисплей по требованию оператора, а также при превышении допустимых величин параметров. Система самодиагностики выдает сообщение об ошибке с указанием кода, что существенно снижает время поиска неисправности.

В ряде отраслей существуют нормативные документы по мониторингу технического состояния оборудования. Так, ООО «РусГидро» выпустило в 2011 году стандарт предприятия СТО РусГидро 02.01.059-2011, который определяет порядок проведения мониторинга гидроагрегатов (турбина и генератор) и трансформаторов, путем проведения автоматизированного технического диагностирования. Система мониторинга входит в состав обязательных мероприятий наряду с осмотрами, техническими освидетельствованиями и техническими обследованиями. Она включает четыре подсистемы: измерительную, отображения измерительной информации, регистрации и архивирования информации, технологической сигнализации. В число контролируемых параметров входят: температура, вибрация, биение, давление и расход в масляных системах и др.

На ТЭЦ предусмотрен мониторинг котлов, который включает постоянный контроль ряда параметров автоматизированной системой, а также периодический контроль конструкций котла силами лаборатории.

Такие сложные устройства, как тоннельные эскалаторы, имеют ряд датчиков и устройств безопасности, предусмотренных стандартом на эскалаторы ГОСТ Р 54765-2011, часть которых связана с управляющим компьютером, а часть непосредственно отключает эскалатор при появлении неисправности. Осмотры эскалаторов, выполняемые обслуживающим персоналом, ежесуточно в нерабочее время, позволяют выявить износы отдельных элементов. Для серийных эскалаторов с опытом эксплуатации износные дефекты устраняются при текущих или капитальных ремонтах, поскольку они достаточно известны. Для эскалаторов новых конструкций необходимо проводить мониторинг в начальный период эксплуатации для выявления возможных дефектов.

По договору с эскалаторной службой метрополитена, специалистами кафедры Подъемно-транспортных, путевых и строительных машин ПГУПС с 2012 года, в течение ряда лет проводился мониторинг восьми эскалаторов ЭТХ с высотой подъема 14 и 18 м, установленных на переходах станции метро «Сенная». Эскалаторы ЭТХ имеют встроенный привод с цевочным зацеплением и повышенную жесткость тяговой цепи ленточного полотна, что вызывает дополнительные динамические нагрузки на металлоконструкции и привод [3, 4].

Ежегодные обследования эскалаторов проводились с оценкой состояния металлоконструкций и других элементов. Для получения точной информации о состоянии металлоконструкций был применен *магнитоакустический м*етод контроля, для чего использовался измерительный комплекс на основе трехкомпонентных виброзондов на преобразователях Холла и комплекс АСК-3227 с усилителем. При этом использовались пакеты прикладных программ. Датчики устанавливались, как на элементах ферм секций, так и на вертикальных листах в местах крепления криволинейных направляющих, где получаются наибольшие нагрузки. Идентификация собственных магнитных полей рассеяния в узлах контроля позволила выявлять участки интенсивного износа и развития микротрещин, что позволяет делать прогноз о техническом состоянии металлоконструкций и планировать упреждающие ремонтные мероприятия [5].

Действующим Федеральным законом №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» предусмотрено проведение обязательной экспертизы машин и оборудования, используемых на опасных производственных объектах, после отработки ими нормативных сроков. Следует отметить, что нормативные сроки во многих случаях назначались по экономическим соображениям и не всегда отражали реальный ресурс техники. Поэтому экспертиза путем проведения инструментального обследования позволяла установить фактическое техническое состояние машин и оборудования и определить возможность и сроки дальнейшей эксплуатации. При этом ответственность за принятое решение возлагается на

экспертную организацию, проводившую обследование, и на органы Ростехнадзора, утверждающие заключение экспертизы, определяющее возможность и сроки дальнейшего использования техники.

Проектом нового Федерального закона «О промышленной безопасности» предусматривается замена экспертизы на техническое диагностирование. Таким образом, ответственность за решение по дальнейшей эксплуатации техники возлагается на ее владельца и экспертную организацию. При этом, экспертная организация, на основе проведенного диагностирования, предлагает решение, а принимает его владелец техники с учетом своих возможностей по обеспечению безопасного функционирования техники, включая техническую и экономическую целесообразность ее дальнейшей эксплуатации.

Разница между содержанием экспертного обследования и диагностированием в том, что экспертное обследование предусматривает также оценку условий эксплуатации и расчет остаточного ресурса, а техническое диагностирование – процесс оценки технического состояния машин без разборки по косвенным признакам – диагностическим факторам. То есть оно дает объективную оценку состояния машины с помощью встроенных диагностических устройств, визуальной оценки и данных, полученных с помощью примененного диагностического оборудования. На этом основании возможна оценка соответствия реального состояния машины нормативным требованиям, в том числе требованиям безопасности, а при отработке нормативного ресурса – возможность допуска к дальнейшей эксплуатации и возможный ее срок работы.

Как при экспертном обследовании, так и при диагностировании наибольший интерес представляет состояние металлоконструкций и приводов. Вопросы диагностирования гидропривода и электрооборудования также входят в объем оценки технического состояния машины, но они не являются определяющими при оценке ресурса, поскольку эта оценка зависит от состояния базовых элементов машины.

При обследовании и диагностировании применяют различные методы неразрушающего контроля в зависимости от конструкции объекта и оснащенности испытательной лаборатории. Визуальный осмотр позволяет выявить большие трещины или коррозию металлоконструкций, для оценки наличия трещин применяют ультразвуковую дефектоскопию, проникающие вещества, магнитопорошковую дефектоскопию, для определения износов используется ультразвуковая толщинометрия и др. Такие позиции, как превышение допустимых внутренних напряжений, усталость металла, а также микротрещины могут быть выявлены преимущественно с применением специальных методов. Один из таких методов (магнитоакустический) рассматривался выше.

Целесообразно остановиться также на ряде методов, применение которых перспективно. [6, 7]

Так, для оценки напряженно-деформированного состояния металла эскалаторов в Петербургском метрополитене применяется *магнитный контроль* с использованием магнитного структуроскопа КРМ-Ц-К2М с преобразователем на постоянном токе с

датчиком Холла. Полученные значения величины коэрцитивной силы в наиболее нагруженных зонах для эскалаторов, отработавших 25-30 лет находятся в пределах величины ее контролируемого значения (Нс = 4,6-5,5 А/см для стали ВСт3пс, применяемой на эскалаторах ЭМ-4 и других). Это показывает, что возможный ресурс эскалаторов можно прогнозировать в пределах 20-30 лет при нормативном ресурсе для ЭМ-4 – 50 лет. [4]

Метод *магнитной памяти металла* позволяет контролировать напряжения в металле паропроводов, газопроводов низкого и среднего давления, котлах, а также сварных соединений других машин и оборудования. Метод по характеру распределения поля остаточной намагниченности на поверхности металла позволяет выявить потенциально опасные участки на стадии, предшествующей разрушению, в виде зон концентрации напряжений, микротрещин и поверхностных трещин, а также деформаций. Этот вид контроля относится к экспресс - методам, обладает низкой трудоемкостью, используемые приборы - универсальные магнитомеры или специализированные магнитомеры-индикаторы (ИКН-1М и другие) автономны и широко используются для контроля труднодоступных элементов конструкций – сгибов, колен и т.п. Например, этот метод используется для контроля паропроводов и газопроводов в котельных и на ТЭЦ.

Вихретоковые приборы эффективны для поиска микротрещин или развивающихся поверхностных трещин на металле, особенно при загрязнении поверхности. Этот метод применялся, например, на контейнерном терминале фирмы «Контейнершипс» в Санкт-Петербурге для выявления трещин Т-образных швов на месте приварки балки спредера к стреле контейнерного погрузчика Richstaker. Из-за наличия смазки и характера конструкции применение других способов результата не давало, а применение вихретокового прибора позволило решить задачу постоянного контроля этого соединения. Метод также оказался эффективным для контроля наличия микротрещин сварных швов на платформах автокранов и башенных кранов при массовой проверке экспертными организациями их после происшедших аварий.

Метод *магнитной дефектоскопии* применяется преимущественно для контроля стальных канатов. Метод основан на оценке магнитного потока вдоль участка каната и регистрации изменений в его распределении, что позволяет выявить уменьшение сечения проволок при вытягивании каната или их обрывы, а также уменьшение сечения проволок при коррозии. В существующих приборах, например, в приборах серии «Интрос» московской фирмы «Интрон», используется преимущественно метод постоянного магнитного поля, который позволяет измерять как потерю сечения каната, так и обнаруживать локальные дефекты. Метод хорош тем, что позволяет контролировать состояние ,так называемых, «стоячих» канатов – оттяжек, несущих канатов кабельных кранов и канатных дорог и т.п.

Проверка технического состояния приводов часто связана с вскрытием редукторов, что нежелательно и не всегда возможно. Нагрев подшипников ,повышенный шум, стуки - свидетельствую о неисправности редуктора, тогда его вскрытие необходимо. Проверку

состояния приводов и их мониторинг можно проводить с помощью, например, виброакустического метода диагностирования. Методика его реализации была отработана А.Н.Филиным на тоннельных эскалаторах и затем использована, в частности, при обследовании крупных компрессоров и насосов на Мончегорском горно-металлургическом комбинате.

Суть методики в применении специального виброизмерительного оборудования, предназначенного для проведения замеров общего уровня вибрации и временных зависимостей виброакустических колебаний с проведением их спектрального анализа. Определение текущего технического состояния привода выполняется путем оценки полученных опытным путем среднеквадратичных значений виброскорости. Дефектовка элементов проводится с использованием сформированной системы информативных диагностических признаков. Метод позволяет оперативно получать информацию о состоянии привода, а при проведении мониторинга – прогнозировать его ресурс [8, 9].

Одним из важных вопросов обеспечения безопасности оборудования на опасных производствах является подготовка специалистов в области промышленной безопасности - обслуживающего персонала и персонала, осуществляющего контрольные функции, которая включает специальные вопросы безопасности на данном производстве или при контроле безопасности оборудования, а также аттестацию специалистов по промышленной безопасности [10].

Основная подготовка рабочих специальностей осуществляется в учебных комбинатах и аналогичных учебных заведениях. На опасных производствах проводится дополнительное обучение рабочих на предприятии и допуск к работе после проверки знаний производственных инструкций. Ежегодная проверка знаний проводится аттестационной комиссией предприятия, перед которой могут проводиться дополнительные занятия. В этой же комиссии проходят аттестацию по промышленной безопасности руководители (начальники участков, бригадиры и др.), не являющиеся членами аттестационной комиссии.

Руководители предприятий, члены аттестационных комиссий проходят аттестацию в территориальных аттестационных комиссиях Ростехнадзора по промышленной безопасности раз в пять лет, при необходимости организуется их предварительное обучение.

Инспекторский состав Ростехнадзора проходит предварительное обучение перед допуском к работе, включающее теоретическое обучение и стажировку с последующей аттестацией. В дальнейшем обучение ведется в виде семинаров с изучением новых нормативных документов и обменом опыта работы.

Подготовка специалистов и экспертов для экспертных организаций ранее проводилась в аккредитованных учебных центрах, основная направленность подготовки – знание требований к порядку проведения экспертизы, методики ее проведения и применения диагностического оборудования. Особое внимание обращалось на знание основных возможных дефектов и причин их возникновения. Аттестация экспертов проводилась аттестационной комиссией учебного центра в виде экзамена, при этом

учитывался опыт предыдущей работы специалиста и его стаж. С 2015 года в соответствии с Постановлением правительства РФ аттестация экспертов проводится центральной аттестационной комиссией Ростехнадзора. При этом основное внимание обращается на знание нормативных документов и стандартов. Кроме того, прошло дробление видов аттестации, что вынуждает эксперта для выполнения своей работы проходить аттестацию по нескольким видам.

Следует отметить, что только комплексный подход к решению задачи обеспечения безопасной эксплуатации техники и оборудования на опасных производствах, включая подготовку техники, все виды контроля и обучение персонала, позволяет обеспечить ее безаварийную работу.

Библиография

1. Бардышев О.А., Бардышев А.О. Промышленная безопасность и сертификация оборудования. «Механизация строительства», 2014, № 6, стр. 17-20.
2. О.А.Бардышев. О диагностировании технических устройств// Безопасность труда в промышленности. - 2019. № 7.- с. 44-48
3. Bardyshev. V. Gordienco. Some Aspects of Maintaining Inclined Tunnel Escalators in St.Petersburg. Applied Mechanics and Materials. 2015/ Vol 725-726. pp.202-207. DOI 10.4028/www.scientific.net/AMM.725-726.202
4. Методика контроля безопасности транспортно-технологических машин в начальный период эксплуатации (на примере тоннельных эскалаторов)/ О.А.Бардышев, П.В.Дружинин, С.В.Репин, А.Н.Филин, А.В. Зазыкин.// Вестник гражданских инженеров. СПб ГАСУ. 2018, №6. стр. 129-134
5. Магнитоакустический мониторинг подъемных сооружений/ А.В.Берман, Я.С.Ватулин, С.К.Коровин.//СПб:. ОМ-пресс. 2010. – 340 с.
6. Диагностика технических устройств/ Г.А.Бигус, Ю.Ф.Даниев, Н.А.Быстрова, Д.И. Галкин.- М:.МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2014.- 615 с
7. Богданов Е.А. Основы технической диагностики нефтяного и газового оборудования. Архангельск:. АГТУ.2004.- 288 с
8. 8. Филин А.Н. Спектральный анализ вибросигнала для определения технического состояния эскалаторных редукторов//Механизация строительства. 2016. №1. С 21-24
9. Sensivity of general compound planetary gear natural frequencies and vibration models to model parameters / Eichao Guo, Robert G. Parker // ASME Press. – 2010. – Volume 132 (issue 1). – pp. 87-100.
10. Бардышев О.А., Яковлев В.В. Особенности подготовки специалистов в области промышленной безопасности. Вестник МАНЭБ. 2017. том 22, №11, стр. 72-75.

УДК 543.27

ИНДИКАТОРНЫЕ ТРУБКИ – ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМЫЕ СРЕДСТВА ГАЗОВОГО КОНТРОЛЯ. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Зайцева В.В., кандидат химических наук, старший научный сотрудник, e-mail: viktoriapakalnis@mail.ru, **Михайленко В.С.**, научный сотрудник; НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ

Аннотация. Статья посвящена истории появления и развития индикаторных трубок, использования их в качестве энергонезависимых средств газового контроля и описанию их основных характеристик, влияния различных факторов на достоверность количественной оценки содержания компонентов воздушной среды.

Ключевые слова: индикаторные трубки, энергонезависимые средства газового контроля, отравляющие вещества, мониторинг воздушной среды, селективность

HISTORY OF GAS DECETOR TUBES DEVELOPMENT AND THEIR MAIN CHARACTERISTICS AS NONVOLATILE MEANS OF GAS CONTROL

Zaitseva V.V., Mikhailenko V.S.

Abstract. The article is devoted to the history of the onset and development of gas detector tubes, their use as nonvolatile means of gas control, the description of their main characteristics and influence of various factors on the reliability of the quantification of air components.

Keywords: gas detector tubes, nonvolatile means of gas control, toxic agents, air monitoring, selectivity.

На сегодняшний день, индикаторные трубки являются основными энергонезависимыми средствами оценки количественного состава воздушной (или газовой) среды, применяемые на промышленных предприятиях, в природоохранных организациях, на различных военных объектах [1].

Возникновение индикаторных трубок. Определение количественного состава воздушной среды с помощью индикаторных трубок является одной из классических методик экспресс измерения концентрации веществ в газовом анализе. Первый патент на индикаторную трубку был выдан в США в 1919 году после того, как американцы *A.B. Lamb* и *C.R.* Hoover разработали состав для определения монооксида углерода в шахтах путем пропитки пемзы смесью пентоксида йода (I_2O_5) и серной кислоты [3]. Запатентованный состав был помещен в ампулу, что стало основой для создания первого химического сенсора для измерения, или скорее, детектирования присутствия в воздухе угарного газа (рис. 1) [4]. До изобретения индикаторных трубок, в качестве «сенсоров» наличия оксида углерода (II), при добыче угля использовали канареек.

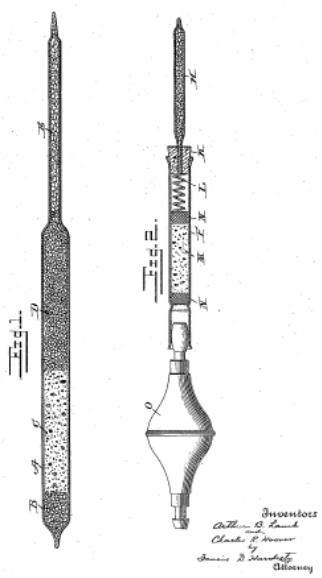

Рис. 1. Внешний вид первой индикаторной трубки [3].

Первая индикаторная трубка использовалась только для качественного детектирования присутствия *CO*, количественная оценка концентрации оставалась невозможной.

Необходимость быстрого и надежного обнаружения вредных веществ в воздухе со всей остротой встала во время Первой мировой войны, когда германские войска в 1915 г. применили в качестве отравляющих веществ хлор и иприт. Для экспресс- контроля в полевых условиях, в 1930 г. в фашистской Германии были созданы индикаторные трубки для обнаружения отравляющих веществ (ОВ). Первой стала трубка на серный иприт. Адсорбентом в трубке служил силикагель, который, после просасывания зараженного воздуха, смачивали несколькими каплями разбавленного раствора $KMnO_4$. Однако такой метод был неспецифичен, так как образование коричневого кольца свидетельствовало не только о присутствии серного иприта, но и фосгена, а так же и других отравляющих веществ, обладающих восстановительными свойствами. Позднее в трубку стали вводить специфичный реагент на серный иприт, что положило начало развитию средств индикации и привело к созданию набора индикаторных трубок прибора Дрегера Шретера, принятого на вооружение немецкой армии в период Второй мировой войны. Материалом корпуса служил полистирол, а реагенты были частично нанесены на сорбент, частично находились в растворах в ампулах. Для улавливания газов, мешающих обнаружению, в трубках имелись слои предварительной очистки, которые часто применяются и в современных индикаторных трубках [5].

Научно-техническое и военно-техническое направление, занимающееся разработкой методов и средств определения ОВ, получило название войсковой индикации.

В нашей стране разработкой этого направления занимались несколько научных коллективов, в частности, Военная академия химической защиты (сейчас Военный

университет радиационной, химической и биологической защиты), Ленинградский научно-исследовательский химико-аналитический институт (сейчас Государственный научно-исследовательский химико-аналитический институт «ГосНИИхиманалит»). Разработка порошков и воздухопросасывающих устройств для индикаторных трубок началась в конце 40-ых годов прошлого века в Ленинградском всесоюзном НИИ охраны труда (ВНИИОТ) ВЦСПС. В это же время в Японии, Китагавой был предложен прибор для экспрессного определения вредных веществ в воздухе с помощью индикаторных трубок и начат его промышленный выпуск фирмой «Komyo Rikagaku Kogyo K.K.». К 60-ым годам сотрудниками ВНИИОТ были разработаны основные положения метода, названного линейно-колористическим, а первым образцом газоанализатора, в котором использован линейно-колористический принцип действия, был прибор для определения концентрации сероводорода (1948 г., Е.Д. Филянская) [6]. Ввиду ограниченного набора индикаторных порошков, в то время индикаторные трубки градуировали совместно с воздухозаборным устройством, градуировочную шкалу наносили на поверхность воздухозаборного устройства-шприца. Заполнение трубок индикаторным порошком осуществлялось непосредственно перед использованием, концы трубок герметизировались сургучом.

Дальнейшие научно-исследовательские работы в этой области показали, что количественное определение газа по длине окрашенного столбика индикаторной массы возможно только: при воспроизводимой величине площади поверхности реактива на единицу длины трубки, постоянстве сопротивления индикаторных трубок потоку воздуха и просасывании через трубку определенного объема воздуха. Детальной проработке подверглись: условия приготовления индикаторного порошка, способ заполнения индикаторных трубок и создание простого и надежного воздухозаборного устройства. Было предложено прокачивать воздух с помощью резинового сильфона с подающей пружиной внутри. Сжатие сильфона производилось с помощью штока, снабженного головкой. На цилиндрической поверхности штока делались продольные канавки с углублениями для фиксации объема пробы. Таким образом, были созданы газоанализаторы УГ-1 и впоследствии УГ-2, а общее число веществ, определяемых ими, составило к 1974 г. более 40 [7]. Основными недостатками газоанализатора УГ-2 были: заполнение трубок индикаторным порошком потребителем, необходимость большого усилия (13-14 кг) для приведения устройства в рабочее состояние, требование градуировки сменных штоков, отдельно для каждого образца [8-10]. Эти недостатки были устранены в газоанализаторе УГ-3, но из-за сложности изготовления воздухозаборного устройства, он не был поставлен на серийное производство. Следует отметить, что научно-технические решения, созданные при разработке газоанализаторов серии УГ, были положены в основу создания ряда индикаторных трубок для специального применения, индикаторных трубок морских (ИТМ) и соответствующих воздухозаборных устройств, предназначенных для химического экспресс-контроля условий обитаемости отсеков кораблей Военно-морского флота.

Помимо линейно-колористических индикаторных трубок, созданы безаспирационные трубки для долговременных измерений (дозиметрических, экспозиционных), которые определяют среднесменные концентрации вредных веществ в воздухе за заданный период времени(от 1 до 8 часов).

За рубежом индикаторные трубки выпускаются в довольно широком ассортименте [11, 12]. Фирмы Dräger, Auer (Германия), Hach, Merck, MSA (США), Kitagawa (Япония), Хигитест (НРБ) выпускают более 350 наименований трубок для контроля за различными видами газов, паров, аэрозолей, которых насчитывается более 200. Из всей массы индикаторных трубок импортного производства, только индикаторные трубки фирмы Dräger сертифицированы в системе качества РФ. В нашей стране изготовлением индикаторных трубок занимаются несколько предприятий: ЗАО «Крисмас+», АО «Сервэк», ПО «Респиратор», ВНИИОСуголь, НПК «Экотест», АО «Промбезопасность». Все трубки конструктивно унифицированы и могут использоваться с аспираторами основных существующих типов НП-3М, АМ-5, АМ-5М, АМ-0059, УПГК. Такие трубки входят в состав газоопределителей ГХ-4, ГХПВ-1, ГХПВ-2, ГХ-Е, ГХ-М, Инспектор-1, ГХ, ГХ-ПВ, ГХК, ГХК-ПВ, ГХК-Кола.

Общие характеристики трубок. Индикаторная трубка представляет собой стеклянную или в редких случаях полимерную полую трубку со стандартным внутренним диаметром, запаянную с обоих концов. Внешний диаметр трубки может составлять 4,0 или 6,5 мм [13]. Внутри трубки находится твердый сорбент с нанесенным на него реагентом. Положение наполнителя в трубке фиксируется воздухопроницаемыми прокладками (тампонами). Известно большое число конструкций индикаторных трубок:

– трубки, весь заполняющий слой которых является индикаторным;

– с разрушаемыми ампулами (рис. 2);

– комбинированные трубки, содержащие несколько реакционных слоев, помещенных в отдельные трубки, которые соединены эластичными пластмассовыми трубками (рис. 3);

– трубки с продольными секциями и проч.

Наполнитель индикаторной трубки представляет собой несколько слоев, если последние устойчивы при совместном хранении. Наполнитель в таких трубках ограничен с двух сторон тампонами из гигроскопичной ваты или стекловолокна, в зависимости от окислительной способности порошка. Положение одного из тампонов в трубке может фиксироваться перетяжкой, обтекателем или перфорированной прокладкой. Второй тампон закрепляется в определенном положении за счет упругости материалов наполнителя и тампона или с помощью сетчатого колпачка. Некоторые индикаторные трубки содержат между наполнителем и тампонами слой сорбента. Известны индикаторные трубки, в которых для фиксации наполнителя применяются пластиковые сетки. В некоторых индикаторных трубках используют реагенты, состоящие из нескольких компонентов, которые при длительном совместном хранении

разрушаются. Вследствие этого часть компонентов помещают в ампулы или выделяют во вспомогательную трубку (фильтрующую).

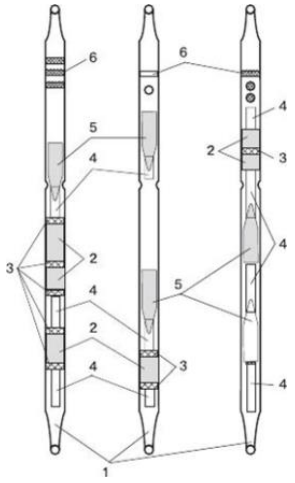

Рис. 2. Варианты конструкций индикаторных трубок с разрушаемыми ампулами на примере общевойсковых трубок ИТ-45 (А), ИТ-48 (Б), ИТ-51 (В). 1- корпус трубки; 2- наполнитель; 3 – ватный тампон; 4 – обтекатель; 5 – ампулы с индикатором; 6 – маркировочное кольцо [14]

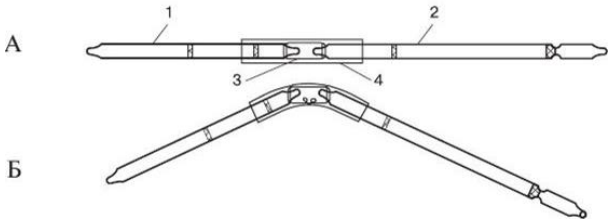

Рис. 3. Схематический внешний вид комбинированных индикаторных трубок. А – внешний вид (1 – фильтрующая трубка, 2 – индикаторная трубка, 3 – вскрыватель, 4 – соединительный шланг); Б – вскрытие внутренних концов трубок при перегибании соединения [14]

Селективная химическая реакция, между нанесенным на сорбент реагентом и одним из компонентов смеси, осуществляется при прохождении газа через трубку. По изменению (или сохранению) окраски содержимого трубки оценивают присутствие (или отсутствие) аналита (определяемого соединения), а по длине окрашенного слоя определяют его концентрацию. По способу определения концентрации детектируемого вещества индикаторные трубки делят на следующие виды:

– колориметрические – концентрацию определяемого компонента находят по изменению интенсивности окраски индикаторного порошка, сравнением с цветными шкалами (или цветным образцом) Результат измерений зависит от остроты цветового зрения оператора, времени суток, освещенности места наблюдения;

– колористические – длина прореагировавшего слоя является функцией и мерой концентрации определяемого газа и объема отобранной пробы. Для количественного определения вредных веществ по длине, изменившего окраску, слоя должны соблюдаться условия максимальной и наиболее контрастной окраски при минимально

определяемых концентрациях газа. Изменивший окраску слой должен иметь достаточную для измерений длину и четкую границу раздела окрасок. Длина, изменившего окраску слоя порошка, должна увеличиваться с ростом концентрации определяемого вещества;

– пороговые – изменяют окраску при превышении пороговой концентрации.

Большинство трубок имеют стеклянный корпус, что обусловлено необходимостью обеспечения стандартного внутреннего диаметра трубки для повышения точности определения длины окрашенного слоя.

Силикагель, оксид алюминия, фарфор, стекло, хроматографические носители (динохром, полихром, силохром), различные адсорбенты-осушители и др. просеиваются для получения фракций с узким интервалом размеров частиц. Сорбенты проходят стадию очистки и сушки до уровней, соответствующих требованиям конкретной реакции [15].

Химические реактивы выбираются особой чистоты и наносятся на сорбент в соответствии с методиками, разработанными для каждого конкретного случая. Затем сорбент с нанесенным реагентом высушивается до требуемого уровня.

Материал затвора трубок выбирается таким образом, чтобы не взаимодействовать с реагентом. Заполнение трубок сорбентом с нанесенным на него реагентом происходит в условиях, предусматривающих минимальный контакт с воздухом, парами воды или других газов, которые могут повлиять на качество трубок. Плотная упаковка трубок осуществляется путем встряхивания и физического сжатия (сдавливания, уплотнения). Затем концы трубок запаиваются (при необходимости в инертной атмосфере). Каждая партия трубок калибруется независимо.

Индикаторные трубки обычно являются селективными (предназначены для измерения концентрации индивидуального компонента воздушной смеси или группы компонентов, имеющих одну химическую природу), но некоторые соединения могут мешать измерениям. В большинстве случаев эти соединения увеличивают длину окрашенного слоя, однако существуют примеры обратного влияния. В присутствии мешающих компонентов концентрация определяемого вещества корректируется специальными табличными корректировочными множителями.

На величину концентрации определяемого вещества также могут влиять температура и влажность, при которых осуществляется измерение. Для учета их влияния также необходимо вводить корректировочные множители.

Типы химических реакций, используемые в индикаторных трубках.

К общим типам используемых химических реакций относятся:

Кислотно-основные реакции. Они включают реакции кислых газов (например, *HCl* или HF) с основаниями, а также реакции щелочных паров (например, NH_3) с кислотой в трубке. Индикатор, находящийся в трубке, меняет цвет при изменении pH в ходе химической реакции.

Окислительно-восстановительные реакции (Red-Ox). Использование таких реакций обусловлено различной первоначальной окраской восстановленной

(окисленной) формы продукта реакции и окраской окисленной (восстановленной) формы исходного соединения. Индикаторная трубка для определения хлора основана на окислительном сочетании бесцветного *о*-толуидина в присутствии хлора с образованием оранжевого газо-красителя. Белый I_2O_5 восстанавливается *CO* и многими парами органических соединений до йода, имеющего темно-коричневую окраску. Оранжевые соли *Cr*(VI) восстанавливаются многими органическими соединениями с образованием коричневых или темно-зеленых соединений *Cr*(III).

Реакции обмена лигандов. В ходе таких реакций образуются новые комплексы, окрашенные иначе, чем исходные. Наиболее значимым является процесс конверсии белого ацетата свинца в черно-коричневый сульфид свинца при определении H_2S. В случае фосфина, обмен PH_3 на хлор из $HgCl_2$ высвобождает *HCl*, вызывающую изменение цвета индикатора.

Предслои или предтрубки. Предслои и предтрубки используются в целях контроля влажности образца, для удаления мешающих примесей или переведения аналита в другую детектируемую форму. К примерам таких случаев относится использование осушителей в трубках для определения NH_3 и *HCl,* удаление органических соединений с помощью угольных фильтров или окисления для селективного определения *CO* и окисление *NO* до NO_2 (для измерения концентрации общей суммы оксидов азота).

Основные требования, предъявляемые к реакциям, используемым в индикаторных трубках:

– селективность по отношению к обнаруживаемым (определяемым) компонентам или их сумме в зависимости от поставленной задачи;

– достаточно высокая чувствительность в зависимости от аналитической задачи;

– высокая контрастность и высокая скорость цветового перехода в присутствии обнаруживаемого (определяемого) вещества;

– устойчивость реагентов при хранении, именно в тех формах, в каких они используются в индикаторной трубке;

– достаточная устойчивость аналитического эффекта (окраски) во времени.

В индикаторных трубках реакция газа, с нанесенным на сорбент реагентом, проходит быстрее, чем происходит проход пробы через трубку. Соответственно, все детектируемые газы успевают вступить в химическую реакцию. В результате, нет существенной зависимости значений показаний от скорости, с которой газ проходит через трубку. Тем не менее, слишком высокая скорость прокачивания может вызвать некоторое размывание окрашенного пятна и привести к завышению считываемых показаний. С другой стороны, слишком низкая скорость прокачивания образца может привести к занижению результатов измерения из-за концентрирования окрашенных продуктов реакции в меньшем объеме сорбента. В случаях слишком высоких скоростей прокачивания пробы, погрешность определения концентрации компонента может превысить стандартные 25%.

Влияние влажности, температуры и давления на результаты измерений. Влажность мало влияет на работу большинства трубок. Это обусловлено малой

чувствительностью химических реакций к влажности воздуха, а так же использованию осушителей в предслое. Влажность оказывает максимальное влияние на результаты измерений концентраций веществ, обладающих высокой растворимостью, таких как кислоты (например, *HF*) и основания.

Температура может влиять на результаты измерений следующим образом:

– при повышении температуры понижается плотность газа, вызывая занижение показаний;

– при повышении температуры увеличивается скорость реакции, что может сказаться в занижении результатов измерений;

– реакции часто предшествует адсорбция; при повышении температуры адсорбция ослабевает, что приводит к завышению показаний.

В специальных случаях имеют место дополнительные факторы. Например, реакции, происходящие в предтрубке или предслое, иногда идут более полно при повышенных температурах, что влечет завышение показаний. В некоторых случаях может меняться ожидаемая окраска слоя.

Длина изменяющего цвет слоя пропорциональна массе соединений, достигающих реагента. Таким образом, когда давление понижается при более высоких концентрациях определяемого компонента, ожидаемая величина отклика понижается, благодаря меньшему числу молекул в единице объема образца. Для трубок, предназначенных для измерения абсолютной концентрации (выраженной, например, в мг/м^3), корректировка результатов измерений по давлению не требуется.

Газ-носитель обычно слабо влияет или вообще не влияет на показания измерений, поскольку он не реагирует с реагентами в трубке или определяемым соединением. Таким образом, показания в воздухе, азоте, водороде, гелии или диоксиде углерода одинаковы. Однако вязкость газа оказывает огромное влияние на время прокачивания образца. При данной вязкости более высокие скорости потока дают большее размывание полосы окрашенного слоя. Однако, часто это компенсируется более высокими скоростями диффузии к реагенту в менее вязких средах (газах), что отражается в отсутствии значительного влияния на величину показаний.

Сохраняемость. В течение хранения ИТ может «состариться» индикационная рецептура, произойти смещение слоев наполнителя, разрушиться герметичный корпус, нарушена читабельность и наглядность инструкции или цветовой шкалы, или иные необратимые изменения. Основной вклад в старение трубок вносят процессы, протекающие на наполнителе ИТ. Поскольку скорость химической реакции возрастает при повышении температуры, особенно важным условием поддержания работоспособности ИТ является соблюдение температурного режима хранения в течение всего указанного производителем срока годности. В химическую реакцию с реагентом индикаторной массы может вступать и материал корпуса трубки. Помимо этого, поры стекла и его дефекты, полученные при транспортировке или небрежном хранении (обращении) с трубками, способны пропускать влагу воздуха и испарения агрессивных материалов.

На устойчивость индикаторного порошка при хранении может оказывать влияние и способность применяемых затворов. Они могут взаимодействовать с реактивами на носителе, а также в ,значительной степени, поглощать или разрушать анализируемое вещество.

В настоящее время индикаторные трубки являются одним из наиболее востребованных средств измерения концентрации вредных веществ в воздухе.

Библиография

1. Mazurek W. // Hdb. Env. Chem. 2005. v.4. Part H. P. 351-382.
2. Ranieri G., Bettini A., Menghini A. Submarine Air Purification and Monitoring. // Southern Region Submarine Commanders Conference 03, Italy. 2003, – P. 1-11.
3. Золотов Ю.А., Иванов В.М., Амелин В.Г. Химические тест-методы анализа. – М.: «Едиториал УРСС». 2002. 301 с.
4. Lamb A.B., Hoover C.R. Gas detector. Application filed Dec. 28, 1918. Patented Nov. 4, 1919. 1,321,062.
5. Франке З., Франц П., Варнке В. Химия отравляющих веществ. Т.2. М.: Химия. 1973. С. 232-239.
6. Филянская Е.Д., Козляева Т.Н., Ворохобин И.Г. Линейноколористический метод анализа вредных паров и газов в воздухе промышленных предприятий. М.: Профиздат. 1958. 112 с.
7. Труды всесоюзного научно-исследовательского института охраны труда в г. Ленинграде 1927-1952. Обзор деятельности и рефераты работ. Л.: Профиздат. 1957. С. 91, 362-371.
8. Симонов В.А., Деревянко Д.Г. Линейно-колористический метод анализа загрязнений производственной воздушной среды // Научные проблемы охраны труда на современном этапе технического прогресса. М.: Профиздат. 1977. С. 158-167.
9. Симонов В.А., Нехорошева Е.В., Заворовская Н.А. Анализ воздушной среды при переработке полимерных материалов. Л.: Химия. 1988. 224 с.
10. Симонов В.А., Филянская Е.Д., Стругова Н.А. Методические указания по быстрому определению вредных веществ в воздухе производственных помещений. Л.: ВНИИ охраны труда ВЦСПС. 1974. 40 с.
11. Kitagawa Gas Detector Tube System. Фирменный материал. Япония: Komyo Rikagaku Koguo K.K, 2002.
12. Справочник по Dräger-Tube/CMS. Справочное руководство по измерениям при анализе почвы, воды и воздуха, а также технических газов. 12-ое издание. Lubeck: Dräger Safety AG & Co. KgaA, 2003.
13. ГОСТ Р 51712-2001 Трубки индикаторные. Общие технические условия.
14. Другов Ю.С., Муравьев А.Г., Родин А.А. Экспресс-анализ экологических проб. Практическое руководство. М.: «Бином. Лаборатория знаний». 2013. 424 с.
15. Модифицированные кремнеземы в сорбции, катализе и хроматографии Под ред. д.х.н. Лисичкина Г.В. М.: «Химия». 1986. 246 с.

УДК 69.05

О СОКРЫТИИ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Русак А.Е., бакалавр; Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР)

Аннотация. В статье приводятся индикаторы, доказывающие факты сокрытия от учета несчастных случаев на производстве.

Ключевые слова: несчастный случай, статистические показатели, сокрытие несчастных случаев.

THE INDUSTRIAL ACCIDENTS ARE CONCEALMENT

Rusak A.E.

Abstract. This article is about that statistics indicators of the accidents are wrong.

Keywords: accident, statistics, concealment of accidents.

В соответствии с Трудовым кодексом РФ каждый несчастный случай на производстве, вызвавший потерю трудоспособности на один рабочий день и более, должен расследоваться и учитываться.

По результатам расследования составляются акты формы Н-1 и представляется отчетность по форме № 7 – «Сведения о травматизме на производстве и профессиональных заболеваниях».

Нарушение порядка представления статистической информации, а равно представление недостоверной статистической информации влечет ответственность, установленную статьей 13.19 Кодекса РФ об административных нарушениях от 30.12.2001 №195-Ф3, а также статьей 3 Закона РФ от 13.05.92 № 2761-1 «Об ответственности за нарушение порядка представления государственной статистической отчетности».

Сокрытие производственных несчастных случаев представляет серьезную социальную опасность. Если несчастный случай скрыт, то причины и обстоятельства тоже окажутся скрытыми и меры по предупреждению не будут приняты. Таким образом, из-за неучтенной опасности могут произойти новые несчастные случаи прежней этиологии.

Сокрытие часто являются результатом торга должностных лиц и пострадавшего или его представителей. В статье 41.3 Конституции РФ указано, что: «Сокрытие должностными лицами фактов и обстоятельств, создающих угрозу для жизни и здоровья людей, влечет за собой ответственность в соответствии с федеральным законом» (статья 41.3).

В научных журналах и средствах массовой информации часто сообщаются достоверные факты сокрытия несчастных случаев на производстве. Официальные представители пытаются доказать обратное. Так, в журнале «Охрана труда и социальное

страхование» № 10 за 2016 г. [1] напечатана статья В.А. Коржа под названием «Учет несчастных случаев ведется правильно».

Однако в другой статье, помещенной в №12 этого же журнала за 2016г., отмечается, что такое «отвратительное явление, как сокрытие несчастных случаев на производстве, имеет повсеместное распространение» [2].

В работе [3] подробно анализируются недостатки расследования причин и обстоятельств несчастных случаев.

В работе [4] проведены исследования производственного травматизма в Ленинградской области и Санкт-Петербурге за период с 2000 по 2016 годы. Использовались следующие статистические показатели травматизма:

показатель частоты травматизма - $П_ч = А/В \cdot 1000$

показатель тяжести – $П_т = (\sum Д)/А$

показатель нетрудоспособности - $П_н = П_ч \cdot П_т \cdot (\sum Д)/А \cdot 1000$

относительный показатель - $П_ч = А/Л$

где А - число пострадавших; В - списочный состав работающих; Д- число потерянных рабочих дней; Л - число несчастных случаев с летальным исходом.

Характер изменения $П_ч, П_т$ и $П_о$ показан на рис. 1. Как видно из данного показатель частоты травматизма со временем снижается, а показатель тяжести травматизма растет.

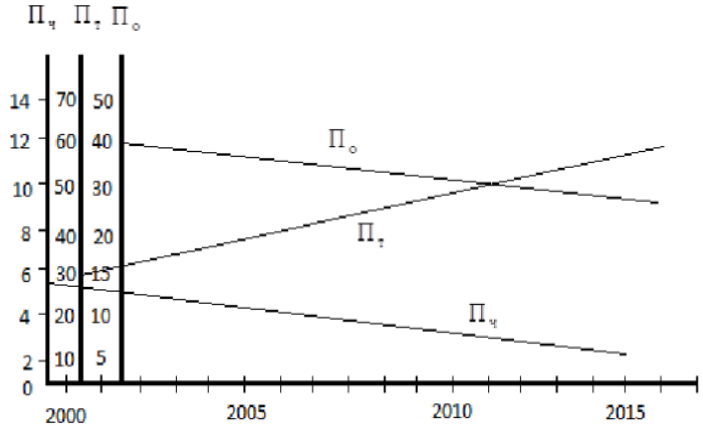

Рис. 1.

Снижение показателя частоты происходит по причине сокрытия травм легких и средней тяжести, а не за счет повышения безопасности. В результате показатель тяжести автоматически растет.

Явление сокрытия несчастных случаев, кроме морально нравственной стороны, имеет объективную экономическую основу.

Согласно приведенным выше законам, размер штрафа за сокрытие несчастных случаев не превышает 10000 рублей. Но размеры страховых надбавок за несчастные случаи в Фонд социального страхования РФ значительно больше (согласно ФЗ №125).

Получается, что государственная система способствует сокрытию несчастных случаев.

Кроме того, показатели частоты травматизма, которыми обычно манипулируют, получаются более «благополучными», хотя и не достоверными.

При условии достоверности статистики травматизма, отношение общего числа несчастных случаев к числу летальных случаев является постоянным для каждой страны. Порядок чисел при этом находится в пределах 500-1500. В России этот показатель в настоящее время равен приблизительно 20 и неуклонно снижается и стремится к единице.

По ориентировочным расчетам, которые здесь не приводятся, в 2014-2016 годах в официальной статистике отражена примерно лишь третья часть от реального числа несчастных случаев

Это позволяет сделать вывод, что в России учет несчастных случаев ведется недостоверно, имеют место факты сокрытия несчастных случаев.

Необходимо законодательно усовершенствовать порядок расследования и учета производственных несчастных случаев.

Для этого, прежде всего, необходимо разобрать методику расследования обстоятельств и причин несчастных случаев, предусмотрев в ней классификацию условий труда по факторам травматизма.

В качестве основного признака классификации следует использовать степень несоблюдения требований травмобезопасности, содержащихся в нормативных правовых актах по охране труда, с учетом частоты и тяжести несчастных случаев, которые могут произойти вследствие такого несоблюдения.

Каждый класс (подкласс) должен характеризоваться определённой тяжестью возможных несчастных случаев и их вероятностью. Далее в окончательном виде формируется методика оценки условий труда по факторам травмоопасности. Результатом такой оценки будет риск травмирования работника при исполнении им трудовых обязанностей на своем рабочем месте.

Заключительный этап оценки – составление перечня мероприятий по снижению этого риска по каждому рабочему месту. При надлежащем контроле за их выполнением со стороны контрольно-надзорных органов, технической инспекции труда профсоюзов, работа по профилактике производственного травматизма в стране может быть, в значительной степени, улучшена. Предложенные мероприятия позволят ликвидировать сокрытие производственных травм, как явления.

Библиография

1. Корж В.А. Учет несчастных случаев ведется правильно// «Охрана труда и социальное страхование» №10, 2016 г.

2. Орлов Г.П. Производственный травматизм: проблемы и пути решения// .«Охрана труда и социальное страхование» №12, 2016 г.
3. Тихонова Г.И. Производственный травматизм: причины неполной регистрации// «Охрана труда и социальное страхование» №8, 2018 г.
4. Русак А.Е. Выпускная квалификационная работа: «Анализ и меры профилактики производственного травматизма», СПб государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, 2017

.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 629.1.04

УЧЕТ ИСТОЧНИКОВ ОБРАЗОВАНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В РЕГИОНАХ

Скрипник И.Л., кандидат технических наук, доцент, ig.skripnick2011@yandex.ru, **Воронин С.В.**, кандидат технических наук, доцент, e-mail: wsw1@yandex.ru; кафедра пожарной безопасности технологических процессов и производств, Санкт-Петербургский Университет Государственной противопожарной службы МЧС России.

Аннотация: рассматриваются источники возникновения, характеристики взвешенных частиц, возникающие при движении автотранспортных средств, влияющие на здоровье человека и исходные данные для построения модели загрязнения атмосферы. Проведены и представлены исследования измерения концентрации общего количества твердых взвешенных частиц (TSP) и мелкодисперсных частиц PM10 в воздухе около автомобильных дорог.

Ключевые слова: автомобиль, воздух, здоровье, источник, модель, эксперимент, дорога, концентрация, загрязнение, экология.

TAKING INTO ACCOUNT THE SOURCES OF SUSPENDED PARTICLES FORMATION TO IMPROVE THE ENVIRONMENTAL SITUATION IN THE REGIONS

Skripnik A.I., Voronin S.V.

Abstract: the sources of occurrence, characteristics of suspended particles (HF) arising from the movement of vehicles affecting human health and the initial data for the construction of the model of atmospheric pollution are considered. The studies of measuring the concentration of total solid HF (TSP) and fine particles PM10 in the air near the CAD ARE carried out and presented.

Keywords: automobile, air, health, source, model, experiment, road, concentration, pollution, ecology

Вопросы вредного воздействия отработанных веществ (газов) на крупных автомагистралях приобретают актуальное значение [1]. Это связано с повышением числа автомобилей, что ведет к опасности снижения санитарно-гигиенических условий для населения до опасного значения [2]. Атмосфера загрязняется не только отработавшими газами, но и взвешенными частицами (PM — particulate matter), образующимися в процессе работы машин [3]. Одним, из наиболее опасных видов частиц , являются взвешенные частицы (ВЧ) размером 10 мкм (PM10) и меньше (табл. 1). В Европе ВЧ

размером 2,5 мкм и менее (PM2,5) составляют 50–70% PM10. ВЧ диаметром от 0,1 мкм до 1 мкм могут находиться в атмосферном воздухе в течение многих дней и недель и, соответственно, подвергаться трансграничному переносу по воздуху на большие расстояния. Проведенные исследования во многих крупных городах показывают, что ВЧ вызывают ухудшение здоровья людей [4].

Поэтому снижение воздействия загрязненного воздуха на здоровье человека имеет первостепенное значение [5]. Для этого необходимо усовершенствовать расчетные процедуры определения влияния ВЧ на людей возле больших городов и загруженных автомагистралей. Данные инструменты помогут оперативным службам быстро влиять на экологическую ситуацию [6]. На основе экспериментальных исследований распространения ВЧ можно спрогнозировать их дальнейшее поведение. Для этого используется теория атмосферной диффузии (уравнения турбулентной диффузии) [7].

Задача прогноза загрязнения воздуха может быть решена при исходных заданных, начальных и граничных условиях с помощью дифференциального неоднородного уравнения. Данная модель предусматривает загрязнение атмосферы от точечного, линейного и площадного источников. По масштабам образования, атмосферные потоки классифицируются на три вида: крупномасштабные (циркуляция атмосферы); среднемасштабные (бризы, грозовые воздействия), локальные (местные влияния топографии).

Таблица 1 – Характеристики взвешенных частиц

Вид взвешанных частиц	Среднее время	Предельно допустимые концентрации (ПДК), мг/м^3		
		РФ	США	Евросоюз
PM10	19 мин.	0,3	-	-
	1440 мин	0,062	0,151 (ПДК менее одного раза за три года)	0,051 (ПДК менее 35 раз в течение года)
	1 год	0,041	-	0,041
PM2,5	19 мин.	0,17	-	-
	1440 ч.	0,036	0,036 (98% за три года)	-
	1 год	0,024	0,014 (средняя за три года)	0,026

Рассмотренные материалы относятся к решению локальных задач. Исходными данными для решения этих задач рассматриваемого источника образования ВЧ являются: площадь образования ВЧ на автомагистрали (м^2); длительность получения ВЧ (с); плотность ВЧ в атмосфере воздуха (г/см^3); скорость ветра (м/с); плотность выпадения ВЧ в окрестностях автомагистралей (г/м^2); радиус ВЧ (мкм) и др.

Дорожное полотно во время движения, ремонта дороги является источником постоянной генерации ВЧ. Они формируются при соприкосновении колеса с дорогой и истирании дорожного полотна. Внутри потока движущихся автомобилей непрерывно действуют турбулентные и вихревые воздушные потоки. Происходит вынос ВЧ с

автомагистрали на жилые дома [8]. Суммарная мощность ВЧ на автомагистрали складывается из всех источников поступления (истирание колодок, дорожного полотна, шин автомобилей, твердых ВЧ, антигололедных реагентов, сажи). Все эти элементы имеют разные размеры, но большая их часть находится в интервале от 2,5 до 40 мкм, что позволяет с легкостью обходить защитные свойства организма и попадать внутрь, тем самым нанося непоправимый вред здоровью человека [9]. Наиболее опасны мелкие частицы сажи, которые адсорбируют молекулы бензапирена и являются опасным канцерогенным и мутагенным веществом.

Методика решения локальной задачи предназначена для всех инициаторов ВЧ. Для автомагистралей городов необходимо рассчитывать скорости гравитационного наполнения в воздухе, исходя из их размеров. По полученным данным экспериментов о плотностях выпадений частиц за время t_{nA} на разном удалении от источника, надо определить их концентрацию в воздухе. Затем рассчитать общую массу разных составов и среднюю удельную сдуваемость ВЧ.

Для определения суммарной концентрации примеси, а также параметров источника образования ВЧ выбран конкретный участок КАД, проходящий через жилые застройки, как наиболее неблагоприятный с точки зрения экологической ситуации [10]. На этом участке дороги средняя интенсивность движения в часы большого скопления для легковых машин составляет 76 %, для грузовых машин 53%, от наибольшей разрешенной скорости. Величина выбросов ВЧ дифференцированы по видам (типам) автомобилей и рассчитываются с учетом природы их образования. Участок автомагистрали, как источник образования ВЧ имеет следующие размеры: ширина проезжей части составляет 14,8м длина 200м (рис. 1). Определялось количество образовавшихся ВЧ, опасная скорость ветра, для которой вычисляется наибольшая суммарная концентрация ВЧ.

Рис. 1. Участок автомагистрали

Исследования осуществлялись в период с августа 2018г по май 2019 г. В их процессе измерялась концентрация общего количества ВЧ размером PM10 гравиметрическим методом с использованием комбинированного полуавтоматического пылемера (рис. 2)

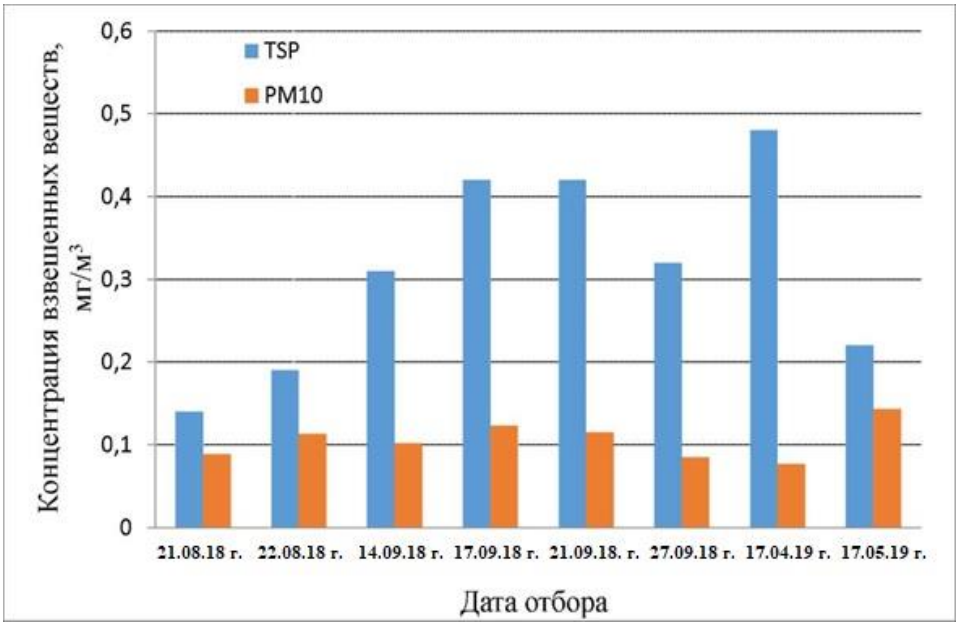

Рис. 2. Концентрации общего количества твердых ВЧ (TSP) и мелкодисперсных частиц PM10 в воздухе около КАД

Погрешность измерительного и расчетного метода составляет менее 10%. Она не будет значительно влиять на решение большинства практических задач. Поэтому данный метод можно применять для решения локальных задач по определению массы ВЧ PM 10. При этом, есть возможность получать исходные данные в дистанционном режиме. Такие, как скорость движения автомобилей, соотношение грузового и легкового транспорта, скорость ветра, плотность застройки и др.

Экспериментальные данные, представленные на рис.1 показывают, что при решении обратной задачи приведенным методом, можно определить зависимость суммарной концентрации ВЧ PM 10 и массы вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени (табл. 2 и рис. 3).

Таблица 2 – Экспериментальные данные

Номер эксперимента	1	2	3	4	5	6	7	8
Концентрация ВЧ в воздухе, Са, мг/м^3	0,091	0,111	0,121	0,131	0,122	0,082	0,071	0,145
Мощность источников в единицу времени, М, г/с	0,004468	0,00547	0,004965	0,006454	0,005957	0,003972	0,003476	0,007198

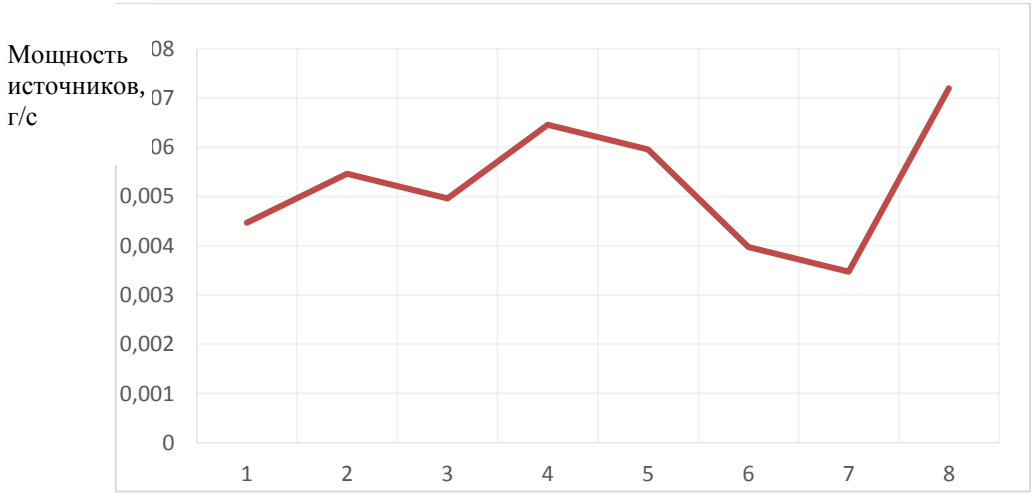

Рис. 3. Зависимость мощности источников за единицу времени от числа экспериментов

В настоящее время решение локальной задачи для определения характеристик образования ВЧ на автомагистралях является актуальной. Рассмотренные ВЧ считаются одним из опасных видов загрязнения воздуха. Учет источников их образования ВЧ и рассчитанные характеристики помогут спрогнозировать распространение опасной концентрации ВЧ в населенных пунктах, находящихся вблизи автомагистралей.

Библиография

1. Савельев Д.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Вопросы определения технического состояния двигателя внутреннего сгорания транспортного средства // Транспорт России: Проблемы и перспективы – 2018: Материалы Международной научно-практической конференции. 13-14 ноября 2018г. СПб.: ИПТ РАН. – Санкт-Петербург. 2018. Том 2. С. 81-84.
2. Скрипник И.Л. Медицинские аспекты взаимосвязи загрязнения в городской среде вредными веществами с уровнем здоровья населения // Сборник статей по материалам XV Международной научно-практической конференции “Комплексные проблемы техносферной безопасности. Задачи, технологии и решения комплексной безопасности”, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2019. Ч.1, с. 230-234.

3. Савельев Д.В., Скрипник И.Л. Вопросы контроля параметров двигателя внутреннего сгорания // Фундаментальные и прикладные разработки в области технических и физико-математических наук // Сборник научных статей по итогам работы пятого международного круглого стола. 29 сентября 2018 г. – Казань: ООО “Конверт”, – 2018. с. 22-24.
4. Савельев Д.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Экологическая обстановка в мегаполисах и ее влияние на уровень здоровья молодых людей // Периодический теоретический и научно-практический журнал. Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Том 23, № 3 – 2018. с. 61-64.
5. Савельев Д.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Обеспечение безопасности населения от воздействия опасных экологических факторов и используемые при этом средства защиты // Периодический теоретический и научно-практический журнал. Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Том 23, № 3 – 2018. с. 53-57.
6. Савельев Д.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Перспективы совершенствования средств индивидуальной защиты личного состава спасательных воинских формирований от экологических опасных факторов // Периодический теоретический и научно-практический журнал. Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Том 23, № 1 – 2018. с. 75-85.
7. Савельев Д.В., Скрипник И.Л. Технические решения в двигателе внутреннего сгорания, улучшающие экологическую обстановку// Периодический теоретический и научно-практический журнал. Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Том 23, № 4 – 2018. с. 38-43.
8. Воронин С.В., Каверзнева Т.Т., Скрипник И.Л. Оценка и измерение уровня шума в городских условиях \\ Сборник трудов V международной научно-практической конференции ИНФОГЕО 2018 «Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий» в двух томах; том 1, СПб: РГГМУ, - 2018, с. 328-332.
9. Скрипник И.Л. Взаимосвязь загрязнения городов вредными веществами с уровнем здоровья молодежи и направления по их снижению // Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции “Сервис безопасности в России: Опыт, проблемы, перспективы. Формирование культуры безопасности жизнедеятельности: приоритеты, проблемы, решения” 26 сентября 2018 года. – СПб.: ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2018. - С. 299-304.
10. Д.В. Савельев, И.Л. Скрипник, С.В. Воронин. Актуальные вопросы экологического загрязнения мегаполисов вредными веществами, влияние опасных факторов на здоровье населения // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Сборник статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции. г. Железногорск, 26 октября 2018 г., С. 224-227.

УДК627.8:6228.394

ОЧИСТКА АКВАТОРИИ ТИХОГО ОКЕАНА ОТ ПЛАВАЮЩЕГО МУСОРА

Золотарев Г.М., Президент Московского отделения МАНЭБ, академик МАНЭБ, профессор, доктор технических наук, e-mail: zolotg@yandex.ru

Чан Куок Чунг – директор ООО «Ханой», Вьетнам, академик МАНЭБ, e-mail: 111963@gmail.com

Аннотация. Ежегодно огромное количество мусора попадает в мировой океан. Это оказывает негативное влияние на экосистему морей и океанов и климат Земли. Особенное тяжелое положение наблюдается в Тихом океане. Предлагается технология сбора и переработки мусора, плавающего на поверхности воды, и переработка его в синтетическое жидкое топливо.

Ключевые слова: плавающий мусор, морское судно, пластмассовые отходы, пиролизный комплекс, термическое разложение отходов, пиролизная жидкость.

CLEANING THE WATERS OF THE PACIFIC OCEAN BY FLOATING DEBRIS

Zolotarev G. M., Chan Kuok Chung

Abstract. A huge amount of garbage enters the oceans every year. This has a negative impact on the ecosystem of the seas and oceans and the climate of the Earth. The situation is particularly dire in the Pacific. The technology of collection and processing of garbage floating on the water surface and its processing into synthetic liquid fuel is proposed.

Keywords: floating garbage, marine vessel, plastic waste, pyrolysis complex, thermal decomposition of waste, pyrolysis liquid

В воды мирового океана попадает огромное количество пластика, бумаги, древесных отходов, тканей и других отходов. Особенное тяжелое положение наблюдается в Тихом океане, в центре которого сконцентрировалась огромная масса плавающего мусора. Занимаемая им площадь эквивалентная площади Франции. Гибнут морские животные и растения. Солнечные лучи, отражаясь от сконцентрированной массы пластмассовых отходов, влияют на климат Земли.

Различные международные организации, в частности Международная экологическая организация One Earth – One Ocean (OEOO), ставят своей целью освободить воды океана от пластиковых отходов и других загрязнителей. Переработка плавающего мусора является важнейшей задачей в сохранении природного равновесия в океане.

В различных странах эксплуатируются специальные суда для сбора плавающего мусора. Обычно сортировка и пакетирование выловленных из моря отходов осуществляется на борту специального судна, а дальнейшая утилизация – на суше. Отсортированные перерабатываемые отходы пластмассы после переработки повторно используются. Грязные отходы пластмассы преобразуются в нефтепродукты. Из одной

тонны загрязнённого пластика можно получить до 800 литров горючей пиролизной жидкости.

Московское и Вьетнамское отделения МАНЭБ предложили технологию пиролизной переработки плавающего мусора. Новая технология очистки Тихого океана от плавающего мусора предусматривает сбор и переработку плавающего мусора непосредственно в море. Технологическая схема для пиролизной переработки плавающего мусора в Тихом океане приведена на рис. 1.

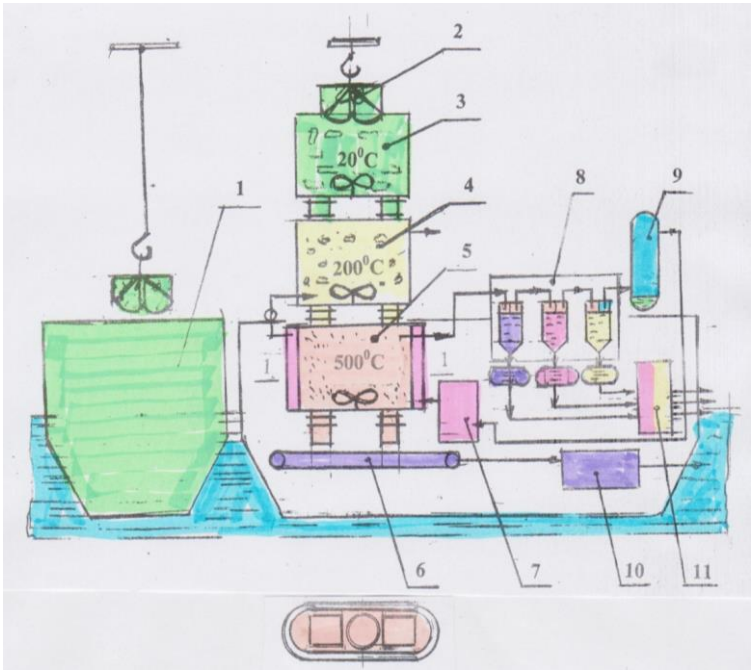

Рис. 1 Технологическая схема пиролизной переработки плавающего мусора в море. 1 – морское судно для сбора и пакетирования плавающего мусора; 2 – загрузочный грейферный кран; 3 – камера загрузки; 4 – камера сушки; 5 – камера пиролиза (пиролизный реактор Золотарева); 6 – разгрузочный скребковый конвейер; 7 - термический генератор для сжигания пиролизного газа; 8 – блок сепарации пиролизного газа; 9 – газгольдер; 10 – разгрузочный бункер инертных отходов; 11 – разгрузочные цистерны пиролизной жидкости.

Основным элементом установки переработки мусора является «Пиролизный реактор Золотарева» (патент Российской Федерации на изобретение № 2613063 от 15.03.2017г.), который устанавливается на судне.

Судно оборудуется удлинённой загрузочной стрелой, хранилищем для пиролизной жидкости и устройством для её перекачки в транспортные танкеры. Кроме этого, на судне оборудуют бункер для временного хранения твердых инертных углеродосодержащих отходов и перегрузки твердых отходов на сухогрузные корабли для доставки на сушу.

Специальный траулер, оборудованный комплексом вылавливания и прессования плавающего мусора (1), подходит к танкеру, оборудованному «пиролизным реактором

Золотарева». С помощью удлинённой загрузочной стрелы (2), выловленный в океане мусор, загружают в приёмный бункер (3) пиролизного реактора.

За счёт вращающегося диска с режущей кромкой размельчают и разрыхляют пакеты с мусором и с помощью спаренных прямоугольных задвижек периодически загружают мусор в камеру сушки (4). Процесс сушки мусора и нагревание его до температуры 200^0C осуществляется за счёт пропуска сквозь слой мусора горячих газов.

Высушенный и нагретый мусор периодически перемещается с помощью спаренных прямоугольных задвижек в камеру пиролиза (5). Температура мусора внутри камеры пиролиза должна быть не менее 500^0C. Для этого, через полость между внутренним и внешним металлическим корпусом пиролизной камеры пропускают горячий газ с температурой 500^0C.

Мусор, представленный в основном пластмассовыми бутылками, разлагается на пиролизный газ, пиролизную жидкость и инертный твердый пиролизный остаток.

Инертный твердый остаток периодически выгружают с помощью спаренных прямоугольных задвижек на решетчатый став скребкового конвейера (6), который заполнен водой для охлаждения мелкофракционного остатка.

Нагревание пиролизной камеры и сушка мусора в камере сушки осуществляется с помощью горячих газов с температурой 500^0C, которые образуются в термическом генераторе (7), где сжигается пиролизный газ и мазут после сепарации пиролизной жидкости.

Пиролизная жидкость из камеры пиролиза перекачивается в комплекс сепаратора (8), где разделяется на фракции (мазут, дизельное топливо, бензин).

Пиролизный газ после сушки в газгольдере (9), сжигают в термическом генераторе.

Отгрузку инертного твердого пиролизного остатка осуществляют через бункерную систему (10). Отгрузку дизельного топлива и бензина осуществляют через терминал (11). Мазут в основном используется для сжигания в термическом генераторе**.**

Применение способа и устройства для пиролизной переработки плавающего мусора позволит очистить океан и устранить вымирание рыбы и морских животных, исчезнет воздействие острова плавающего мусора на изменение климата.

Библиография

1. Патент на изобретение № 2613063 «Пиролизный реактор Золотарева». Патентообладатель Золотарев Григорий Михайлович (RU). Приоритет изобретения 15.03.2017г.
2. Moore, Charles. Great Pacific Garbage Patch, Santa Barbara News-Press (2 октября 2002).
3. Rios, L. M.; Moore, C. and Jones, P. R. Persistent organic pollutants carried by Synthetic polymers in the ocean environment (англ.) // Marine Pollution Bulletin: journal.— 2007.—Vol. 54.—P. 1230—1237.— DOI:10.1016/j.marpolbul.2007.03.022

УДК 579.695; 546.85; 502.55; 661.63

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕГРАДАЦИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО ФОСФОРА

Миндубаев А.З., кандидат химических наук, доцент, e-mail: mindubaev@iopc.ru; mindubaev-az@yandex.ru, **Волошина А.Д.,** кандидат биологических наук, e-mail: microbi@iopc.ru, **Бадеева Е.К.,** кандидат химических наук, e-mail:ybadeev.61@mail.ru, **Минзанова С.Т.**, кандидат технических наук, доцент, e-mail: minzanova@iopc.ru, **Миронова Л.Г.,** инженер – исследователь, mironoval1963@gmail.com; Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН, г. Казань,

Бабынин Э.В., кандидат биологических наук, доцент, edward.b67@mail.ru, **Сапармырадов К.А.,** аспирант, e-mail: xkesha93x@mail.ru; Институт фундаментальной медицины и биологии, г. Казань,

Хаяров Х.Р., инженер, E-mail: khayarov.kh@gmail.com; Химический институт им. А.М. Бутлерова. Казанский федеральный университет, г. Казань,

Аннотация. Впервые наблюдался рост микроорганизмов различных таксономических групп в культуральных средах, содержащих в качестве источника фосфора элементный (белый и красный) фосфор. Это первый известный пример включения элементного фосфора в биосферный круговорот фосфора.

Ключевые слова: биодеградация, белый фосфор, красный фосфор, защита окружающей среды, химическое загрязнение, *Aspergillus niger, Streptomyces sampsonii*.

BIOLOGICAL DEGRADATION OF ELEMENTAL PHOSPHORUS

A.Z. Mindubaev, E.V. Babynin, A.D. Voloshina, K.A. Saparmyradov, E.K. Badeeva, S.T. Minzanova, L.G. Mironova, Kh.R. Khayarov

Abstract. The growth of microorganisms of various taxonomic groups was observed for the first time in culture media containing elemental (white and red) phosphorus as the source of phosphorus. This is the first known example of the incorporation of elemental phosphorus into the biospheric circulation of the phosphorus.

Keywords: biodegradation, white phosphorus, red phosphorus, environmental protection, chemical pollution.

Введение. Белый фосфор P_4 широко применяется в промышленности и является ключевым соединением при производстве лекарств, фосфорных удобрений, полимеров, красного фосфора и ряда других важнейших веществ и материалов. По материалам обзорной статьи [10], доля России в мировом потреблении белого фосфора в 2004 году составляла 5.7%, Казахстана – 8.1%, Китая – 71.1%, США – 8.6%, Западной Европы – 5.8%, Индии – 0.7%). Поэтому существует возможность проникновения белого фосфора в окружающую среду. Белый фосфор – это один из самых опасных загрязнителей окружающей среды [9].

Горючесть и высочайшая токсичность белого фосфора опосредовали его применение в военных целях, в качестве зажигательного оружия (рис. 1, вверху слева). Еще в XIX веке ирландские сепаратисты готовили на основе белого фосфора зажигательные смеси («огонь фениев»). В Первую мировую войну фосфором начинялись пули, которыми расстреливали вражеские дирижабли. А в 1916 году на вооружение британских войск были приняты фосфорные гранаты. Во Вторую мировую войну широко применялись фосфорные авиабомбы. Позже фосфорные боеприпасы применялись израильской армией в Ливанских войнах; Вьетнамской Народной армией против Красных кхмеров; боснийскими сербами в Сараево; Соединенными Штатами в Никарагуа, Басре, Фаллудже, Секторе Газа; армией Украины в ДНР и ЛНР [8].

К сожалению, варварское применение белого фосфора в военных целях продолжается. Так, осенью 2016 года боевики ИГИЛ применили в г. Алеппо (Сирия) боеприпасы, содержащие белый фосфор, хлор и иприт – отравляющие вещества, запрещенные в качестве боевых. В настоящее время в арсеналах Российской Федерации хранится более миллиона устаревших боеприпасов, снаряженных белым фосфором, включающих ручные гранаты и снаряды калибра 82-240 мм. Большинство из них представляет угрозу для окружающей среды и населения. Это продемонстрировал, например, пожар на складе боеприпасов вблизи удмуртского поселка Пугачево (35 км от Ижевска, 10 км от татарстанского Агрыза) в июне 2011 г. Из-за наличия на нем белого фосфора, пожар неожиданно возобновлялся после полного тушения. В силу ряда сложностей обращения с белым фосфором, вопрос об утилизации таких боеприпасов до пожара в Удмуртии даже не рассматривался [4].

Протокол III к «Конвенции о конкретных видах обычного оружия» 1980 г. официально запрещает использование P_4 в военных целях. Однако запрет постоянно нарушается, что влечёт за собой человеческие жертвы и сильное загрязнение окружающей среды. Эффективные методы очистки природных сред от этого загрязнителя до сих пор не созданы [9]. Единственный метод детоксикации белого фосфора, применяемый в настоящее время – окисление раствором медного купороса до фосфорной кислоты: масштабы применения этого метода ограничены по причине высокой стоимости и токсичности.

Красный фосфор значительно менее опасен для окружающей среды, по сравнению с белым, но для этой аллотропной модификации элемента также не известны примеры утилизации живыми организмами.

В то же время, фосфор обладает уникальным качеством – будучи в виде простого вещества сильнейшим ядом, в окисленном состоянии это биогенный элемент, абсолютно необходимый всем живым организмам (рис. 1, вверху справа). Задача состоит в том, чтобы найти эффективный и экологически безвредный способ окисления элементного (в первую очередь, белого) фосфора до фосфата. Мы предлагаем использовать для этой цели микроорганизмы.

Биодеградация является одним из наиболее значимых и часто применяемых на практике методов обезвреживания промышленных стоков [18].

На рисунке 1, внизу, продемонстрирована показательная схема усвоения сразу нескольких токсичных веществ в едином метаболическом пути, демонстрирующая совершенство биохимии микроорганизмов, изображенная на основе литературных источников [16, 17, 20]. Включение сразу двух токсичных ксенобиотиков (формальдегид и синильная кислота) в состав сахаров и аминокислот, является, пожалуй, наиболее показательным примером биодеградации. Это является весомым фундаментальным аргументом в пользу возможности биодеградации даже такого опасного ксенобиотика, как белый фосфор.

Данная публикация является продолжением цикла работ нашего коллектива [5, 6], которые показали, что микроорганизмы выживают при контакте с таким губительным для всех форм жизни веществом, как белый фосфор, адаптируются к его присутствию в окружающей среде и перерабатывают его в менее опасные соединения.

Цель настоящей работы – сравнить устойчивость и способность к биодеградации белого фосфора у микроорганизмов различных штаммов и таксономических групп. А также найти для них минимальные ингибирующие концентрации (МИК) этого вещества. Кроме того, в рамках исследования впервые наблюдался рост микроорганизма в среде, содержащей красный фосфор в качестве единственного источника фосфора.

Методы исследования. Нами впервые произведён посев устойчивой микробиоты в искусственную питательную среду, содержащую в качестве единственного источника фосфора- белый фосфор в концентрациях от 0,01 до 1%, где и наблюдался рост. Посев производился в модифицированную среду Придхем-Готлиба. Классическая среда Придхем-Готлиба не содержит моносахариды в качестве источников углерода, а в качестве таковых выступают нефтепродукты. Наша модификация включает глюкозу в качестве источника углерода. Состав модифицированной среды (в перерасчете на 1 л): глюкоза – 5 г, $(NH_4)_2SO_4$ – 2,64 г, $MgSO_4$ – 0,49 г, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ – 0,1 г, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,02 г, $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ – 0,15 г, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,27 г, и белый фосфор в различных концентрациях, либо красный фосфор. В контрольную среду в качестве источника фосфора вносили $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$ – 7,4 г, KH_2PO_4 – 2,38 г. Полужидкая модификация среды достигалась после внесения агара – 4-8 г. Белый фосфор эмульгировали в стерилизованной автоклавированием дистиллированной воде. Концентрация белого фосфора до культивирования рассчитывалась следующим образом. Готовилась эмульсия из 1 г белого фосфора в 50 мл воды, её расчётная концентрация составляла 2%. После культивирования концентрация не замерялась, однако рост микроорганизма сам указывает на её снижение: для роста нужен фосфат, а он мог образоваться только из белого фосфора. Красный фосфор вносился в среды в виде порошка.

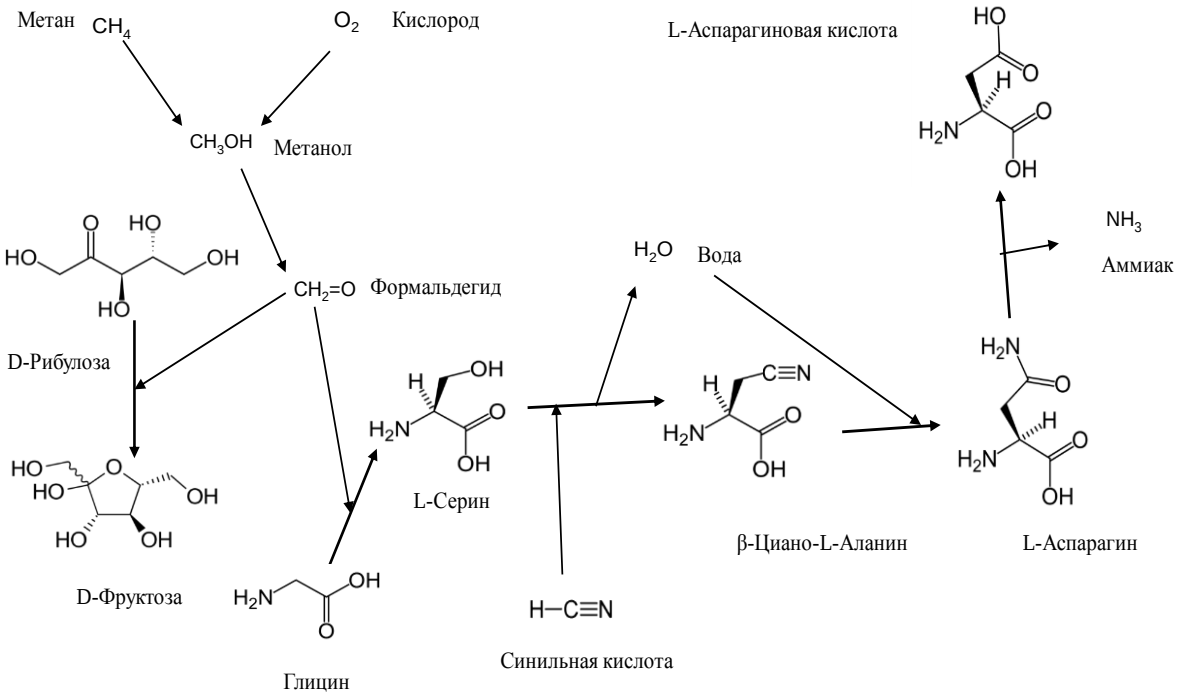

Рис. 1. Многоликость фосфора. Слева вверху: взрывы фосфорных боеприпасов (изображение с сайта http://hasshe.com). Справа вверху: предельно окисленная форма фосфора – фосфат – является подкормкой для растений и играет важнейшую роль в существовании абсолютно всех форм жизни. Изображение с сайта https://tass.ru/moskva Внизу: включение формальдегида и цианида в состав сахаров и аминокислот – убедительный пример биодеградации. Синтез метанола из метана (который может формироваться абиогенным путем) [12] осуществляется метанотрофными бактериями; серина и фруктозы из формальдегида [13, 19] - некоторыми метилотрофными бактериями и дрожжами; β-циано-L-аланина из синильной кислоты и серина - бактериями *Chromobacterium violaceum*; аспарагина из цианоаланина – рядом растений.

Посев *Aspergillus niger* AM1, споры которого были внесены вместе с белым фосфором, производили в данную среду, с содержанием белого фосфора в концентрации 0,01 и 0,05% по массе. В положительный контроль вносился фосфат. В отрицательный контроль источники фосфора не вносились. Через 60 дней биомассу грибов пересевали в концентрации белого фосфора 0,05; 0,1 и 0,2%. После следующих 60 дней штаммы

пересевали в более высокие концентрации Р4 0,5; и 1%. Аналогично был произведен посев Streptomyces sp. A8, выделенный из осадка сточных вод после добавления в него белого фосфора. Концентрации белого фосфора 0,05; 0,1 и 0,2% по массе использовали для культуры грибов и стрептомицетов, но не бактерий, поскольку последние не переносят высокие концентрации данного вещества.

Посев A. niger AM1 и S. sp. A8 осуществляли в виде спор, бактерии в виде вегетативных клеток. Взвесь спор содержала 108 грибковых тел в мл, вносилась по 0,2 мл на 20 мл среды. Культуры выращивали в колбах в 20 мл питательной среды без перемешивания и чашках Петри. Культивирование производилось в термостате, при 25°С.

Для генетического анализа образцы ДНК из культуры гриба A. niger AM1 и стрептомицета S. sp. A8 выделялись по методике, описанной в [14]. Далее проводилась полимеразная цепная реакция (ПЦР) полученных фрагментов ДНК.

Для сравнения устойчивости к белому фосфору штаммов чёрного аспергилла, применялся наш штамм *Aspergillus niger* AM1, а также три штамма из Всероссийской коллекции микроорганизмов при ИБФМ им. Г.К. Скрябина (табл. 1).

Таблица 1 - Штаммы *Aspergillus niger* из Всероссийской коллекции микроорганизмов, с которыми велась работа

Вид	Штамм	Субстрат выделения	Место выделения
Aspergillus niger	ВКМ FW-650	Многолетнемерзлые отложения, возраст - 170 лет, глубина 20.50-20.55 м	Таглу, Канада
Aspergillus niger	ВКМ FW-2664	Пепел вулканический мерзлый, глубина 1.8-1.85 м	Полуостров Камчатка, Россия
Aspergillus niger	ВКМ FW-2731	Мерзлота, пепел вулканический, глубина 14.5 м	Полуостров Камчатка, Россия

Культуры высевались в планшеты Corning, скорость роста оценивалась микропланшетным ридером Infinite F200 Pro, Tecan (Австрия) по интенсивности поглощения света λ 550 нм. Максимальная концентрация белого фосфора достигала 1%. В наших экспериментах максимальная концентрация белого фосфора в лунках планшетов достигала 1%. Использование планшетов и планшетного ридера позволило нам производить параллельные посевы разных штаммов и сравнивать скорость их роста в средах с различными концентрациями белого фосфора.

Для сравнения высевались культуры бактерий Achromobacter xylosoxidans, Pseudomonas aeruginosa, Bacillus firmus и Salmonella typhimurium. Целью данных исследований являлось обнаружение минимальной ингибирующей концентрации (МИК) белого фосфора для перечисленных микроорганизмов.

Для установления природы устойчивости аспергилла к Р4 произведен пересев в среду с фосфатом в качестве источника фосфора, без P_4. Подросшую в этой среде культуру снова пересеяли в среду с 0,2% белого фосфора. В качестве контроля посеяли также A. niger AM1, до этого росший в среде с белым фосфором.

С целью наблюдения за переработкой P_4 был использован ЯМР спектрометр высокого разрешения Avance 400 (Bruker). Для съёмки спектра среды отбирались при помощи инсулиновых шприцев. Опытную среду очищали от гифов гриба при помощи фильтра Millex®-HV (Syringe-driven Filter Unit), надеваемого на шприц. Диаметр фильтра 33 мм, диаметр пор 0,45 мкм. Параметры съёмки спектров: Bruker Avance III 400 МГц 31P{1H} – (161,9 МГц, 25 ºС).

Поскольку белый фосфор при комнатной температуре активно реагирует с ионами двухвалентной меди, до последнего времени не был подтвержден факт его биодеградации: превращения можно было объяснить химической реакцией. Мы впервые провели дальнейшую модификацию среды Придхем-Готлиба, исключив из ее состава не только источник фосфора- фосфат, но и сульфат меди. Только исключив из состава $CuSO_4$, и наблюдая, тем не менее, рост микроорганизмов, мы можем получить более обоснованные доводы в пользу биодеградации белого фосфора.

Посев производился в модифицированную среду Придхем-Готлиба (ПГ). В модификацию среды без двухвалентной меди не вносили компонент $CuSO_4 \cdot 5H_2O$.

Статистическую обработку данных проводили в программе Excel.

Ход исследования и результаты

В отрицательном контроле без источников фосфора выросли немногочисленные колонии *Aspergillus niger* AM1. Они занимают сравнительно большую площадь, очень медленно растут (с неразвитым мицелием и слабым спороношением). По всей видимости, сказалась нехватка фосфора. Любопытно, что в опыте - в среде с 0,05% белого фосфора - колоний выросло меньше (33 колонии), чем в положительном контроле (49 колоний), однако они нормально растут и спороносят, не испытывают дефицит фосфора (табл. 2).

Таблица 2 - Рост грибов *A. niger* в средах с различными источниками фосфора через шесть суток после пересева

Источник фосфора	Количество колоний *A. niger*	Внешний вид колоний
$K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$ – 7.4 г, KH_2PO_4 – 2.38 г	49	Мелкие спорообразующие
P_4 0.05% масс	11	Крупные спорообразующие
Нет	33	Крупные, спорообразование снижено

Отсюда следует вывод, что в среде с белым фосфором выживают не все споры гриба, но выжившие обладают способностью использовать в качестве источника фосфора либо сам P_4, либо продукты его химических превращений. Следующие пересев был произведен в среды с более высокими концентрациями белого фосфора, 0,05; 0,1;

0,2; 0,5 и 1% P_4, с целью адаптации гриба к ним. Результаты позволяют заключить, что чёрный аспергилл переносит присутствие белого фосфора в среде даже в концентрации 1%. Самая высокая, исследованная нами, концентрация белого фосфора 1% соответствует превышению ПДК белого фосфора в сточных водах в 5000 раз! А ПДК элементного фосфора в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования составляет всего 0,0001 мг/л, т.е. концентрация 1% превышает её уже в сто миллионов ($1 \cdot 10^8$) раз [1]! В средах с более низким содержанием P_4 рост грибов более интенсивный – это определялось визуально. Стрептомицет после четвертого пересева тоже стал расти при концентрации P_4 1%, т.е., выработал устойчивость даже быстрее и эффективнее, чем гриб.

Для генетической идентификации гриба, по морфологическим признакам отнесённого к виду *A. niger*, была определена нуклеотидная последовательность его регионов ITS1 и ITS2. Сравнение полученной последовательности с последовательностями базы данных GenBank с помощью системы BLAST позволило идентифицировать данный микроорганизм, как новый штамм *Aspergillus niger*. Ему мы присвоили номер *A. niger* AM1 [6].

Для штамма A8 сходство по нуклеотидным последовательностям 16S рДНК (амплификация праймерами fD1 и rP2) сравниваемых фрагментов стрептомицетов, выбранных из базы данных NCBI, и тестируемых изолятов, составляло 94–99,7% [11]. В частности, наибольшее сходство - 99,74% - было установлено между изолятом A8 и *Streptomyces sampsonii*. К данному виду и предложено относить наш штамм.

Очень интересно спонтанное появление в среде с белым фосфором культуры *Aspergillus niger* AM1 с изменённой морфологией и окраской, быстрее растущей в среде с исследуемым ксенобиотиком. В одном повторе посева колония стала развиваться быстрее, чем в других, хотя условия были совершенно идентичны. Через 55 суток после посева лидирующая культура стала вырабатывать пигмент и приобретать более насыщенную жёлтую окраску. Окрасилась не только колония, но и культуральная среда, т.е. пигмент хорошо растворим в воде. А судя по тому, что этот гриб эффективнее набирал биомассу в среде с белым фосфором, его приспособленность к существованию в данной среде выше, чем у предковой культуры. Мы дали этому штамму название *A. niger* AM2.

Метод ЯМР показал устойчивость культуры AM1 к продуктам неполного окисления P_4. Сам факт возникновения устойчивости к этой группе веществ очень интересен (фосфиты и гипофосфиты являются антимикробными агентами [15]), однако ожидаемый результат – полное метаболическое превращение белого фосфора в фосфат – еще предстоит подтвердить.

Оказалось, что все четыре штамма A. niger FW-650, FW-2664 и FW-2731 и AM1 выдерживают концентрацию белого фосфора 1%. МИК для них так и не была найдена. Поскольку все исследованные штаммы представляют собой случайную выборку из общего разнообразия A. niger, можно предполагать, что высокая устойчивость к белому фосфору – признак, характеризующий все чёрные аспергиллы, или большинство из них.

Тем не менее, при концентрациях 0,5 и 0,25% штамм AM1 рос быстрее, т.е. оказался более устойчивым (рис. 2). Для бактерий МИК была найдена и составила для A. xylosoxidans 0,125%, B. firmus 0,25%, P. aeruginosa и S. typhimurium 0,5%. Из этого следует вывод, что чёрные аспергиллы более устойчивы к белому фосфору по сравнению с бактериями.

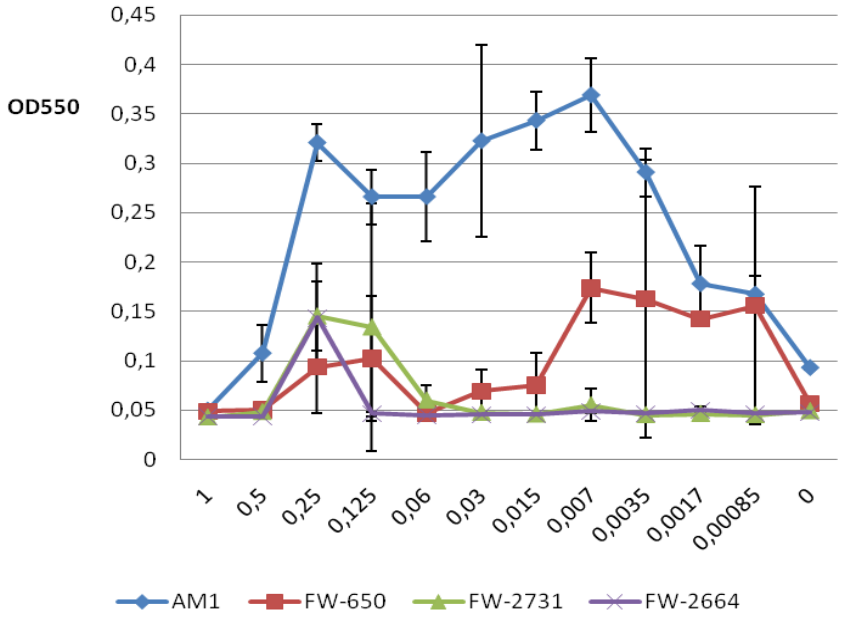

Рис. 2. Рост штаммов *A. niger* в среде с белым фосфором без фосфата, на третьи сутки после посева. Ось абсцисс – концентрация белого фосфора, %. Ось ординат – оптическое поглощение при λ 550 нм. Обращает внимание скорость роста штамма AM1.

Ожидалось, что после роста в благоприятных условиях – в среде с фосфатом – *A. niger* AM1 мог утратить устойчивость к белому фосфору. В действительности, гриб, росший до пересева на фосфате, продолжал расти в среде с P_4 [7]. Из этой картины можно сделать вывод, что резистентность к белому фосфору у исследуемого нами штамма чёрного аспергилла закреплена в геноме, и является наследуемым признаком, передающимся в ряду поколений даже в отсутствие P_4.

Исключая из состава питательной среды сульфат меди, мы опасались, что это сделает ее непригодной для роста микроорганизмов. Известно, какую колоссальную роль играют соли переходных металлов в жизнедеятельности [2, 3]. Но на практике выяснилось, что в культуральной среде, не содержащей сульфат меди, рост грибов не отличается от роста в контроле с медью (рис. 3).

Следует отметить, что при внесении эмульсии белого фосфора в среду, не содержащую медь, не наблюдалось выпадение черного осадка, отмеченное нами в более ранних работах. Значит, P_4 не вступает в химическую реакцию и сохраняется в среде более длительное время. Этот факт является дополнительным аргументом в пользу того, что имеет место биодеградация белого фосфора, а не химическая нейтрализация ионами меди.

Интересно, что красный фосфор оказался практически лишенным токсичности для аспергилла. При выращивании в полноценной (с фосфатом) среде на чашке Петри, с нанесениями красного фосфора в физиологическом растворе, мицелий гриба растет буквально на красном фосфоре. Зоны подавления роста вокруг нанесенного вещества не образуются!

Отмечена стимуляция спорообразования красным фосфором: конидиеносцы со спорами появляются в первую очередь в местах соприкосновения мицелия с исследуемым веществом (рис. 4). Мы предполагаем, что красный фосфор оказывает на культуру гриба легкое стрессирующее действие, ускоряющее переход к размножению.

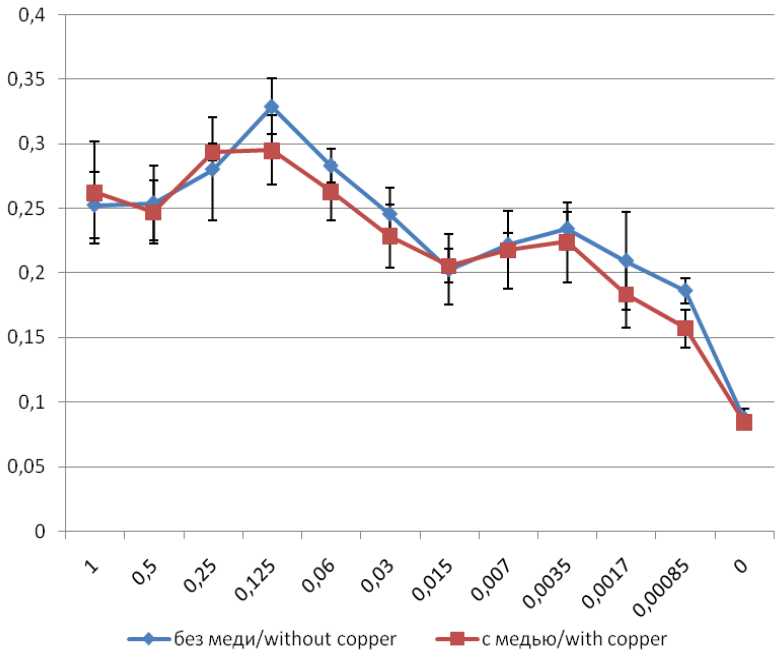

Рис. 3. Рост *A. niger* AM1 на пятые сутки после посева. Видно, что рост в варианте среды с медью и без меди практически одинаковый. Ось абсцисс – концентрация белого фосфора, %. Ось ординат – оптическое поглощение при λ 550 нм.

В среде без фосфата, с красным фосфором в качестве единственного источника фосфора, также наблюдается рост аспергилла. Красный фосфор практически нерастворим в водных средах и в пробирках с культуральной средой оседает на дно. Но, по-видимому, происходит медленное окисление красного фосфора с образованием фосфорной кислоты, возможно, ускоряемое метаболическими процессами гриба.

Рис. 4. Рост *A. niger* AM1 в присутствии красного фосфора (на фотографии выглядит как пятна пурпурного цвета). Зона подавления роста отсутствует, и в местах соприкосновения мицелия с красным фосфором образование спор началось раньше. Снимок сделан через 4 суток после посева.

Заключение

Представленная работа впервые продемонстрировала включение элементного фосфора в природный круговорот фосфора. Уникальность фосфора состоит в том, что этот элемент абсолютно необходим для жизнедеятельности всех форм жизни. Тем не менее, простое вещество белый фосфор – это яд первого класса опасности, с большим трудом подвергающийся деструкции в окружающей среде, и, вопреки официальному запрету, применяющийся в военных целях. До начала наших работ биодеградация белого и красного фосфора (как и других его аллотропных модификаций) не была описана в литературе.

Значение представленной работы как раз и состоит в том, что она впервые показала возможность роста микроорганизмов из различных, далеких друг от друга таксономических групп, в культуральных средах, содержащих элементный фосфор в качестве единственного источника фосфора. Таким образом, было показано окисление элементного фосфора до фосфата – безвредного компонента всех живых клеток – и дальнейшее включение в микробную биомассу.

Библиография

1. Алексеенко В.А., Бузмаков С.А., Панин М.С. Геохимия окружающей среды // Издательство Пермского государственного национального исследовательского университета. 2013. 359 с.
2. Alekseenko V.A., Buzmakov S.A., Panin M.S. Geochemistry of the environment // Publishing house of the Perm State National Research University. 2013. 359 p. (In Russian).
3. Бертини И., Грей Г., Стифель Э., Валентине Дж. Биологическая неорганическая химия: структура и реакционная способность // БИНОМ. Пер. с английского. 2013. Т. 1, 456 с.
4. Bertini I., Gray G., Stifel E., Valentine J. Biological inorganic chemistry: structure and reactivity // BINOMIAL. Trans. from English. 2013. Vol. 1. 456 p. (In Russian).

5. Бертини И., Грей Г., Стифель Э., Валентине Дж. Биологическая неорганическая химия: структура и реакционная способность // БИНОМ. Пер. с английского. 2013. Vol. 2, 623.
6. Bertini I., Gray G., Stifel E., Valentine J. Biological inorganic chemistry: structure and reactivity. BINOMIAL. Trans. from English. 2013. Vol. 2. 623 p. (In Russian).
7. Касаткин А.В., Ватутин Н.М., Колтунов В.В., Малинин С.Е. Особенности фосфоросодержащих боеприпасов специального назначения и методы их утилизации // Вестник технологического университета. 2017. Т.20. №5. С. 39-43.
8. Kasatkin A.V., Vatutin N.M., Koltunov V.V., Malinin S.E. Features of phosphorus-containing ammunition for special purposes and methods for their utilization // Herald of the Technological University. 2017. Vol. 20. №5. Pp. 39-43. (In Russian).
9. Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Пискунов Д.Б., Махиянов А.Н., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Волошина А.Д. Генотоксичность и цитогенетическое действие белого фосфора // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2019. Т. 9. №1. 81-94 с.
10. Mindubaev A.Z., Babynin E.V., Piskunov D.B., Makhiyanov A.N., Badeeva E.K., Minzanova S.T., Mironova L.G., Voloshina A.D. Genotoxicity and cytogenetic effect of white phosphorus // Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology. 2019. Vol.9. No 1. P. 81-94. (In Russian). DOI: http://dx.doi.org/10.21285/2227-2925-2019-9-1-81-94
11. Миндубаев А.З., Волошина А.Д., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Хаяров Х.Р., Минзанова С.Т., Яхваров Д.Г. Микробиологическая деградация белого фосфора // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 1. С. 33-37.
12. Mindubaev A.Z., Voloshina A.D., Babynin E.V., Badeeva E.K., Khayarov Kh.R., Minzanova S.T., Yakhvarov D.G. Microbiological degradation of white phosphorus // Ecology and Industry of Russia. 2018. Vol. 22. No. 1. P. 33-37. (In Russian). DOI: 10.18412/1816-0395-2018-1-33-37.
13. Миндубаев А.З., Волошина А.Д., Бабынин Э.В., Валидов Ш.З., Сапармырадов К.А., Хаяров Х.Р., Бадеева Е.К., Барсукова Т.А., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г., Акосах Й.А., Яхваров Д.Г. Обезвреживание белого фосфора посредством микробиологического разложения // Бутлеровские сообщения. 2017. Т. 52. № 12. С. 87-118.
14. Mindubaev A.Z., Voloshina A.D., Babynin E.V., Validov Sh.Z., Saparmyradov K.A., Khayarov Kh.R., Badeeva E.K., Minzanova S.T., Mironova L.G, Akosah Y.A., Yakhvarov D.G. Neutralization of white phosphorus by means of microbiological decomposition // Butlerov Communications. 2017. Vol.52. No.12. P. 87-118. (In Russian). ROI: jbc-01/17-52-12-87
15. Миндубаев А.З., Яхваров Д.Г. Фосфор: свойства и применение // Бутлеровские сообщения. 2014. Т.39. №7. С.1-24.
16. Mindubaev A.Z., Yakhvarov D.G. Phosphorus: properties and application // Butlerov Communications. 2014. Vol. 39. No. 7. P. 1-24. (In Russian). ROI: jbc-01/13.10.2014
17. Duerksen-Hughes P., Richter P., Ingerman L., Ruoff l., Thampi S., Donkin S. Toxicological profile for white phosphorus // U.S. Department of health and human services. USA. 1997. 248 p.

18. Gleason W. An Introduction to Phosphorus: History, Production, and Application // JOM. 2007. Vol.59. No.6. P. 17-19. DOI: 10.1007/s11837-007-0071-y.
19. 11. James T.Y., Kauff F., Schoch C.L., Matheny P.B., Hofstetter V., Cox C.J., Celio G., Gueidan C., Fraker E., Miadlikowska J., Lumbsch H.T., Rauhut A., Reeb V., Arnold A.E., Amtoft A., Stajich J.E., Hosaka K., Sung G.-H., Johnson D., O'Rourke B., Crockett M., Binder M., Curtis J.M., Slot J.C., Wang Z., Wilson A.W., Schübler A., Longcore J.E., O'Donnell K., Mozley-Standridge S., Porter D., Letcher P.M., Powell M.J., Taylor J.W., White M.M., Griffith G.W., Davies D.R., Humber R.A., Morton J.B., Sugiyama J., Rossman A.Y., Rogers J.D., Pfister D.H., Hewitt D., Hansen K., Hambleton S., Shoemaker R.A., Kohlmeyer J., Volkmann-Kohlmeyer B., Spotts R.A., Serdani M., Crous P.W., Hughes K.W., Matsuura K., Langer E., Langer G., Untereiner W.A., Lücking R., Büdel B., Geiser D.M., Aptroot A., Diederich P., Schmitt I., Schultz M., Yahr R., Hibbett D.S., Lutzoni F., McLaughlin D.J., Spatafora J.W., Vilgalys R. Reconstructing the early evolution of Fungi using a six-gene phylogeny // Nature. 2006. Vol. 443. P. 818-822. DOI: 10.1038/nature05110
20. Mastrogiuseppe M., Poggiali V., Hayes A.G., Lunine J.I., Seu R., Mitri G., Lorenz R.D. Deep and methane-rich lakes on Titan // Nat ure Astronomy. 2019. Vol.3. No.6. P. 535-542. DOI: 10.1038/s41550-019-0714-2
21. Pinto J.P., Gladston G.R., Yung Y.L. Photochemical production of formaldehyde in Earth's primitive atmosphere // Science. 1980.Vol. 210, No. 4466. P. 183-185. DOI: 10.1126/science.210.4466.183
22. Sambrook J., Russell D.W. Molecular Cloning: A Laboratory Manual, Volume 1, 2, 3 // Cold Spring Harbour Laboratory Press, Cold Spring Harbour, New York. 2001. 2344 p.
23. Smillie R., Grant B.R., Guest D. The Mode of Action of Phosphite: Evidence for Both Direct and Indirect Modes of Action on Three Phytophthora spp. in Plants // Phytopatology. 1989. Vol. 79. No. 9. P. 921-926. DOI: 10.1094/Phyto-79-921
24. Tinberg C.E., Lippard S.J. Oxidation reactions performed by soluble methane monooxygenase hydroxylase intermediates Hperoxo and Q proceed by distinct mechanisms // Biochemistry. 2010. Vol. 49. P. 7902-7912. DOI: 10.1021/bi1009375.
25. Van der Klei I.J., Yurimoto H., Sakai Y., Veenhuis M. The significance of peroxisomes in methanol metabolism in methylotrophic yeast // Biochimica et Biophysica Acta. 2006. Vol. 1763. No. 12. P. 1453-1462. DOI: 10.1016/j.bbamcr.2006.07.016.
26. Wackett L.P. The Metabolic Pathways of Biodegradation // The Prokaryotes. 2014. Vol.2. P. 383-393. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-31331-8_76
27. Wang C., Huang X.-F., Han Y., Zhu B., He L.-Y. Sources and Potential Photochemical Roles of Formaldehyde in an Urban Atmosphere in South China // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. Vol.122. No. P.11 934-11947. https://doi.org/10.1002/2017JD027266
28. Zidenga T., Siritunga D., Sayre R.T. Cyanogen Metabolism in Cassava Roots: Impact on Protein Synthesis and Root Development // Front Plant Sci. 2017. Vol. 8. No. 220. P. 1-12. DOI: 10.3389/fpls.2017.00220.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

УДК.502.7

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОСНОВ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ У ВОСПИТАННИКОВ ФИЛИАЛА НАХИМОВСКОГО ВОЕННО-МОРСКОГО УЧИЛИЩА

С.А. Голобоков, кандидат технических наук, профессор, филиала Нахимовского военно-морского училища (Владивостокское ПКУ), профессор Тихоокеанского высшего военно-морского училища им. С.О. Макарова, г. Владивосток, golobokov_san@bk.ru

Аннотация. В период своего обучения в училище воспитанники должны быть ориентированы не только на свою будущую военную профессию, но и получать базовые знания по предполагаемой военной учетной специальности, иметь представление о специфике ведения боевых действий в вооруженных конфликтах, потенциальных опасностях оружия массового поражения.

Ключевые слова: военное образование, военный компонент, учебный процесс, оружие массового поражения, нахимовец

PRINCIPIAL DIRECTIONS OF TEACHING HEALTH AND SAFETY FUNDAMENTALS TO CADETS OF NAKHIMOVS NAVAL SCHOOL

Golobokov S.A.

Abstract. During their training, pupils should be focused not only on their future military profession, but also receive basic knowledge of the intended military accounting profession, be aware of the specifics of the conduct of hostilities in armed conflicts, and the potential dangers of weapons of mass destruction.

Keywords: military education, military component, educational process, weapons of mass destruction, nakhimovets

Сегодня крайне актуальным и востребованным является формирование военно-прикладной компетенции воспитанников нахимовских училищ МО РФ, посредством реализации военного компонента в период их обучения. Тем более, в рамках стратегии модернизации системы российского образования компетентностный принцип является одним из приоритетных направлений ее развития.

Организация учебного процесса в нахимовских училищах МО РФ должна развивать у воспитанников необходимые профессионально-ценностные компетенции, направленные на формирование военно-прикладных знаний и навыков по основам безопасности жизнедеятельности.

В период обучения в училищах МО РФ важно сформировать у воспитанников целеполагание и целенаправленность профессии офицера и понимания ее значения и важности в современном мире, с учетом реальных опасностей и угроз.

Складывающаяся образовательная ситуация требует внедрения форм учебно-воспитательного взаимодействия между педагогами и обучающимися, которые помогают решать текущие задачи и «работают на перспективу» [2].

Модель обучения, ориентированная на «передачу» обучающимся «готовых знаний», осталась в прошлом. Педагог должен найти оптимальный «набор» методов и методик обучения, который будет соответствовать целям овладения конкретной учебной дисциплиной.

Отдельно остановимся на проблеме подготовки к защите от оружия массового поражения (далее – ОМП), по современным документам - по радиационной, химической и биологической (далее – РХБ) защите.

В Советской школе, на основании Закона о всеобщей воинской обязанности, во всех средних общеобразовательных учреждениях, 2 часа в неделю отводилось «Начальной военной подготовке», включавшей, помимо других дисциплин, изучение отдельной дисциплины «Защита от оружия массового поражения» (далее – ЗОМП), которая включала в себя ознакомление с индивидуальными средствами защиты и правилами их применения - изучение средств химической разведки и контроля; ознакомление с поражающими факторами оружия массового поражения; изучение основ Гражданской обороны.

Реалии последних лет свидетельствуют о том, что запрещенная в России террористическая организация «Исламское государство» и другие ближневосточные террористические группировки все чаще применяют химическое оружие в Сирии и Ираке. ИГИЛ и другие радикальные исламские группировки на Ближнем Востоке получили доступ к компонентам и технологиям производства (в кустарных условиях) химического оружия и все более активно применяют его.

Если некоторое время назад речь шла об использовании ими в качестве химического оружия бытового и промышленного хлора, то сейчас имеется подтвержденная информация об использовании полноценных боевых отравляющих веществ, в частности, иприта. Речь идет об использовании его в ходе боевых действий против правительственных сил, а также для осуществления террористических актов, направленных как против местного населения, так и в провокационных целях.

На территории бывшего СССР Министерство обороны США активно создаёт сеть биологических лабораторий, которые используются для опытов и нанесения скрытых биологических атак.

США инвестирует сотни миллионов долларов в референс-лаборатории Армении, Азербайджана, Киргизии, Казахстана, Грузии, Узбекистана, Молдовы, Украины [1].

При этом возможны утечки в окружающую среду опасных штаммов микроорганизмов.

Таким образом, в современных условиях необходимо обратить внимание на обучение воспитанников: основам военно-морской подготовки (далее – ОВМП), элементам РХБ защиты, способам отражения угрозы террористического нападения (рис. 1).

Рис. 1. Тренировка по отражению террористического нападения

Компоненты ОВМП, с бюджетом учебного времени 24 часа, воспитанники филиала Нахимовского военно-морского училища (Владивостокское ПКУ) (далее – филиал НВМУ (ВПКУ) проходят в рамках дисциплины- Основы безопасности жизнедеятельности (далее – ОБЖ), ограниченной 34 часами учебного времени в год. Дисциплина изучается с 5 по 11 класс и включает в себя важные для будущего морского офицера темы, практически не затрагивающие вопросы радиационной, химической и биологической защиты.

Характер современных проблем безопасности диктует необходимость поиска и применения новых педагогических технологий, форм и методов организации учебно-воспитательного процесса. К ним можно отнести и Всероссийскую олимпиаду школьников (далее – ВРО), при этом, ее главная цель заключается в том, что она в первую очередь должна обучать и воспитывать, а уж потом – выявлять лучших [3].

В отличие от других предметных олимпиад, олимпиада по ОБЖ имеет ярко выраженную социальную направленность, где по-настоящему реализуется принцип олимпийского движения: «Главное не победа, а участие».

Олимпиада по ОБЖ носит не только просветительский и воспитательный, но и обучающий характер. Воспитанники учатся собирать и анализировать информацию, самостоятельно исследовать проблемные ситуации, формулировать проблемы, закреплять навыки самостоятельной познавательной деятельности.

Междисциплинарный, комплексный характер содержания ОБЖ помогает обучающимся на практике осуществлять межпредметные связи, формируя научное, системное мировоззрение. На олимпиаде участники соревнуются в эрудированности,

осведомленности в различных направлениях науки, связанных с вопросами личной, общественной и государственной безопасности.

Правовой основой подготовки и проведения олимпиады служит Гражданский кодекс РФ и Положение о ВРО, утвержденное приказом Министерства образования и науки РФ.

Основные цели и задачи олимпиады по любой дисциплине – выявление и развитие творческих способностей и интереса обучающихся к научно-исследовательской деятельности, создание условий для поддержки одаренных детей, пропаганда научных знаний. Это очень важно и для ОБЖ.

Рис. 2. Выживание в неблагоприятных условиях природной среды. Макет костра

Школьный этап ВРО по ОБЖ включивший в себя тестовые задания, теоретико-методическую и практическую секции, позволил выявить проблемные вопросы по подготовке нахимовцев. Заданием по организации жизнеобеспечения в условиях вынужденного автономного существования предусматривалась: укладка рюкзака; добывание огня без спичек; разжигание костра, кипячение воды, распознавание съедобных и ядовитых растений и грибов; подача сигналов бедствия (рис. 2).

Второй (практический) тур «Оказание первой помощи пострадавшим» проводился в специализированном кабинете ОБЖ училища.

Практические задания представлены следующими тематическими линиями по оказанию первой помощи при: обморожениях, тепловых и солнечных ударах, химических и термических ожогах, отравлениях, поражениях электрическим током, кровотечениях, ушибах, вывихах, растяжениях, переломах, а так же проведение реанимационных мероприятий. Для проведения практического тура, организаторами предусмотрено необходимое оборудование: робот-тренажер «Гоша», робот «Гаврюша»,

кровоостанавливающий жгут, транспортная шина, косынка, перевязочный материал, носилки, гипотермический пакет, таблетки анальгина, емкости с различными растворами, необходимыми при оказании первой помощи.

По рекомендации командования училища, опытными врачами-наставниками училища и преподавателями-организаторами, опытными офицерами кафедры «Основ безопасности жизнедеятельности», были проведены инструктивно – методические занятия по оказанию первой помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени (рис. 3).

Рис. 3. Оказание первой помощи пострадавшему

На этом же этапе были включены для участников задания: преодоление зоны радиоактивного заражения; действия в районе аварии с предполагаемой утечкой аварийно-химических опасных веществ; действия по применению средств индивидуальной защиты, тренировка расчета по борьбе с пожаром, транспортировка раненого (рис. 4).

Главной целью изучения предмета ОБЖ в нахимовском училище является создание условий для формирования у обучающихся системы приоритетов и ценностей в области безопасности жизнедеятельности, развитие врожденных и формирование приобретенных качеств личности, обеспечивающих возможность предвидеть угрозы и опасности, способности защищаться от них, укрепление знаний, умений и навыков обеспечения безопасности во всех сферах жизнедеятельности.

Поэтому, одним из способов достижения данной цели и можно считать ежегодную всероссийскую олимпиаду школьников по ОБЖ.

Рис. 4. Подготовка раненого к транспортировке

Одним из элементов подготовки к олимпиаде, была подготовка по пожарной безопасности (рис. 5). На тренировке воспитанники училища получили практические навыки по борьбе с пожаром, с использованием первичных средств пожаротушения, по организации эвакуационных мероприятий, оказанию первой помощи пострадавшим на пожаре.

Методические подходы подготовки к олимпиадам любого уровня могут быть разными.

Рис. 5. Проведение тренировки по борьбе с пожаром

Так какие же условия при этом важно соблюдать?

Хорошо, если в классе есть обучающиеся с хорошей памятью, с развитой логикой, высокими интеллектуальными способностями, которые вполне могут быть потенциальными участниками олимпиад. Но не только участники олимпиады по ОБЖ должны хорошо ориентироваться в опасностях современного мира, ибо защита – это, прежде всего, твердые знания и, отработанные на тренировках, умения каждого нахимовца.

В современных условиях должна быть усилена роль индивидуальной подготовки (в училище этим вопросом занимается система дополнительного образования).

Смешанная форма обучения, применяется для поддержания и совершенствования знаний, умений, начальных навыков и качеств, впоследствии необходимых для выполнения нахимовцами, будущими офицерами, должностных и специальных обязанностей.

В ходе индивидуальной подготовки, под руководством педагогов и воспитателей, необходимо совершенствовать теоретические знания и практические навыки, полученные на всех курсах обучения по ОБЖ.

Прививая твердые теоретические знания и уверенные практические навыки по ОБЖ, у воспитанников Нахимовского училища, формируется личность безопасного типа, обеспечивается фундамент комплексной безопасности училища, состояние защищенности образовательного учреждения от реальных и прогнозируемых угроз социального, техногенного и природного характера, обеспечение его безопасного функционирования.

Библиография

1. Американские лаборатории в Евразии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.gumilev-center.ru/amerikanskie-laboratorii-v-evrazii/
2. МИД РФ уличил ИГ в применении химоружия в Сирии и Ираке. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.interfax.ru/russia/478903
3. Пономарёва О.Н., Евдокимова О.В., Цаплюк А.И. Совершенствование подготовки военных специалистов: метод «кейс-стади» в преподавании гуманитарных дисциплин // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 3. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://science-education.ru/ru/article/view?id=24521

ИНФОРМАЦИЯ
Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности

ассоциированный член Департамента Общественной Информации и член Экономического и Социального Совета ООН
(МАНЭБ)

МАНЭБ является международным общественным объединением. Устав МАНЭБ зарегистрирован в Минюсте РФ (свидетельство о регистрации № 2114 от 10.02.1995 г.).

Учредителями МАНЭБ в июне 1993 года стали Ленинградский союз специалистов по безопасности деятельности человека, созданный в июле 1989 года и Белорусская ассоциация по чрезвычайным ситуациям «Лава». Учредительное собрание проходило в крупнейшем лесном вузе мира Санкт-Петербургской лесотехнической академии (теперь – университет).

Президентом МАНЭБ был избран, один из основателей нового научного направления «Безопасность деятельности» и новой учебной дисциплины в «Безопасность жизнедеятельности» доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Лесотехнической академии Олег Николаевич Русак.

В 2000 году МАНЭБ стала ассоциированным членом Департамента общественной информации ООН, а с 2003 года представлена в Экономическом и Социальном Совете ООН – ECOSOC. Деятельность МАНЭБ осуществляется под эгидой ООН.

В МАНЭБ входит более 100 структурных подразделений (региональные и национальные отделения, секции, ассоциации, проблемные советы и др.). Членами МАНЭБ является более 5000 специалистов в области экологической безопасности и безопасности жизнедеятельности.

В МАНЭБ предусмотрены следующие академические звания: магистр, член корреспондент, действительный член (академик). Академические звания присваиваются на конкурсной основе. В МАНЭБ предусмотрено также коллективное членство.

В 2018 году по инициативе МАНЭБ создан Международный университет безопасности деятельности, имеющий полномочия присуждать ученые степени и присваивать ученые звания на общественной основе.

МАНЭБ издает периодический теоретический и научно – практический журнал «Вестник МАНЭБ» (лицензия ЛР № 090176 от 12 мая 1997 г.)

МАНЭБ имеет свой Гимн и Флаг. Эмблема МАНЭБ решением Геральдического Совета при Президенте РФ от 5 мая 2003г. внесена в Государственный геральдический реестр РФ за номером 101.

МАНЭБ учредила ряд наград: 12 видов орденов, 4 виды медалей, 12 видов нагрудных знаков, дипломы, почетные грамоты, благодарственные письма.

Подробная информация о МАНЭБ на сайте www.maneb.org

Эл. адрес: rusak-maneb@mail.ru

Президиум МАНЭБ

РЕДАКЦИОННАЯ ПОЛИТИКА ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК МАНЭБ»

«Вестник МАНЭБ» является теоретическим и научно-практически журналом Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ).

Журнал входит в систему Российского индекса цитирования (РИНЦ).

Редакционная политика журнала основывается на оценке актуальности и значимости проблематики, научной новизны, оригинальности публикаций, на требованиях законодательства РФ в отношении авторского права, плагиата и клеветы, и на этических принципах, поддерживаемых сообществом ведущих издателей научной периодики.

Журнал публикует оригинальные научные материалы по следующим направлениям:

промышленная безопасность, охрана и условия труда, техника безопасности;

экологическая безопасность, охрана атмосферы, почв, недр, вод суши, морей и океанов;

эколого-биологическая безопасность сельского и лесного хозяйства, продовольственная безопасность;

безопасность при чрезвычайных ситуациях;

радиационная, химическая, биологическая, электромагнитная, пожарная безопасность;

защита от шума, вибрации;

ресурсосбережение, переработка и обращение с отходами.

Журнал публикует также работы по смежным вопросам физики, химии, техники, биологии, медицины (токсикологии, радиологии, гигиены, эпидемиологии и др.), социологии, образования, правового регулирования, организации и управления безопасностью, международного сотрудничества.

Формат публикуемых материалов:

теоретические, научно-практические, учебно-методические статьи;

аналитические обзоры научной и технической литературы;

критические и дискуссионные статьи, аннотации и рецензии на новые монографии и учебные материалы;

исторические очерки, воспоминания, биографии, мемуары деятелей науки и техники;

краткие сообщения о научных достижениях, имеющих цель закрепление приоритета результатов исследования;

отклики на актуальные проблемы страны и мира;

сообщения о работе секций, региональных отделений и проблемных советов МАНЭБ, научных и технических общества, съездах, конгрессов, конференций, симпозиумов, семинаров и выставок;

сообщения о юбилейных датах и юбилеях членов МАНЭБ, выдающихся ученых и специалистах в области безопасности;

рекламные объявления, публикации обзорно-рекламного характера (статьи, репортажи, обзоры в соответствии с профилем журнала).

Отдельные номера журнала могут представлять собой тематические сборники, содержащие статьи, подготовленные руководителями секций, региональных отделений и проблемных советов МАНЭБ, или организаторами конференций, семинаров, конгрессов.

Журнал выходит в печатном и электронном видах.

Статьи рецензируются.

Периодичность издания – 4 раза в год.

Редколлегия

Учредитель и издатель журнала:
Международная академия наук экологии безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ)
Издательство «БЕЗОПАСНОСТЬ»

Адрес редакции:
194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., 5, Академия,
тел./факс: (812) 670-93-76, e-mail: vestnik_maneb@mail.ru.
Технический редактор ***Н.Г. Занько***
Корректор ***Н.Ю. Родина***

Отпечатано в цифровой типографии ИП Павлушкина В.Н.
Санкт-Петербург, Греческий проспект, 25
Свидетельство о регистрации 78 № 006844118 от 06.06.2008

Сдано в набор 1.07.2019. Подписано в печать 15.08.2019
Печать цифровая. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс»
Формат обрезной 205х290. Усл.изд.л.-8,350. Усл.печ.л.-7,810
Заказ 33/14. Тираж 500 экз.
Цена договорная