

**ВЫСОКИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ
В НАЦИОНАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
УНИВЕРСИТЕТАХ**

Том 4



Санкт-Петербург
Издательство Политехнического университета
2013

Министерство образования и науки Российской Федерации		
Санкт-Петербургский государственный политехнический университет		
Координационный совет Учебно-методических объединений и Научно-методических советов Минобрнауки России	Учебно-методическое объединение вузов России по университетскому политехническому образованию	
Комиссия по образованию Санкт-Петербургского научного центра Российской академии наук		
Ассоциация технических университетов	Международная академия наук высшей школы	Ассоциация технических университетов России и Китая

**ВЫСОКИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ
В НАЦИОНАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
УНИВЕРСИТЕТАХ**

*Материалы Международной
научно-методической конференции*

28 февраля – 1 марта 2013 года

Том 4

Технологии комплексной безопасности

УДК 378.1

Высокие интеллектуальные технологии и инновации в национальных исследовательских университетах. Материалы Международной научно-методической конференции. 28 февраля – 1 марта 2013 года, Санкт-Петербург. Том 4. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. - 77 с.

Приоритетными направлениями конференции являются: методическая подготовка к реализации нового Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» и федеральных государственных образовательных стандартов в системе высшего профессионального образования России.

В сборнике представлены материалы, отражающие опыт вузов в проектировании педагогических интеллектуальных технологий, основных образовательных программ на основе ФГОС ВПО, технологий управления качеством и информационных технологий.

Материалы издаются в авторской редакции.

Ответственность за содержание тезисов возлагается на авторов.

ISBN

© Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет, 2013

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

- А. И. Рудской (председатель) – ректор ФГБОУ ВПО «СПбГПУ», член-корреспондент РАН
- Ю. С. Васильев (сопредседатель) – президент ФГБОУ ВПО «СПбГПУ», академик РАН
- А. И. Боровков (зам. председателя) – проректор ФГБОУ ВПО «СПбГПУ»
- В. Н. Козлов (зам. председателя) – заместитель председателя Совета УМО по университетскому политехническому образованию
- П. И. Романов (ученый секретарь) – директор НМЦ УМО ФГБОУ ВПО «СПбГПУ»

ЧЛЕНЫ ОРГАНИЗАЦИОННОГО КОМИТЕТА

- А. В. Белоцерковский – ректор Тверского государственного университета (по согласованию)
- М. Б. Гузаиров – ректор Уфимского государственного авиационного технического университета (по согласованию)
- М. М. Благовещенская – проректор Московского государственного университета пищевых производств (по согласованию)
- В. В. Изранцев – ученый секретарь Санкт-Петербургского отделения МАН ВШ, проректор Международного банковского института (по согласованию)
- С. В. Коршунов – заместитель председателя Совета УМО по университетскому политехническому образованию, проректор Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана (по согласованию)
- В. Н. Кошелев – первый проректор по учебной работе Российского государственного университета нефти и газа им. И. М. Губкина (по согласованию)
- В. Л. Петров – проректор Московского государственного горного университета (по согласованию)
- Н. М. Розина – проректор Финансового университета при Правительстве Российской Федерации (по согласованию)
- В. И. Хименко – первый проректор Санкт-Петербургского государственного аэрокосмического приборостроения (по согласованию)
- А. А. Шехонин – проректор Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики (по согласованию)
- Н. Ю. Егорова – заместитель директора НМЦ УМО ФГБОУ ВПО «СПбГПУ»

СЕКЦИЯ 6

Технологии комплексной безопасности

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ ГАЗА НА СУХОПУТНОМ МАГИСТРАЛЬНОМ ГАЗОПРОВОДЕ

Абраменко К. Г., Яковлев В. В.
*Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет*

Цели: комплексная оценка безопасности транспортировки газа на газопроводе.

Задачи:

- определить наиболее потенциально-опасные участки газопровода, на основе полученных удельных частот разгерметизации;
- разработать модель развития наиболее вероятного сценария аварии с выбросом газа в атмосферу и с последующим воспламенением газоздушного облака;
- оценить интенсивность теплового потока с поверхности пламени.

Расчет выброса газа из аварийного газопровода

Моделируется разрыв подземного участка газопровода от места аварии до КС, которая находится на расстоянии L_1 от места разгерметизации.

Давление P_0 , Па, в момент аварии в точке разрыва газопровода:

$$P_0 = \sqrt{P_n^2 - (P_n^2 - P_k^2) \cdot \frac{L_1}{L}}, \quad (1)$$

где P_n — давление в начале газопровода, Па; P_k — давление в конце газопровода, Па; L_1 — расстояние от места разрыва до КС, м; L — общая длина газопровода, м.

Расход газа $G(t)$, кг/с, при t больше 0,1 с:

$$G(t \leq t_n) = \frac{M_n}{\eta_L^2 \cdot \varepsilon_L} \cdot \exp\left(-\frac{t}{\eta_L^2 \cdot \varepsilon_L}\right) + \frac{(M_r - M_n)}{\varepsilon_L} \cdot \exp\left(-\frac{t}{\varepsilon_L}\right), \quad (2)$$

где M_H — величина, зависящая от массы газа, находящейся в газопроводе; η_L — коэффициент, зависящий от расхода газа; ε_L — постоянная по времени, с; M_Γ — масса газа, находящаяся в аварийном участке газопровода до аварии, кг; t — время до закрытия КС, с.

Масса газа, кг, находящаяся в первом аварийном участке:

$$M_\Gamma = \frac{\pi \cdot L_1 \cdot d_0^2 \cdot P_{cp}}{4 \cdot R \cdot Z_0^{cp} \cdot T_{cp}} + M_{\text{дкс}}, \quad (3)$$

где d_0 — внутренний диаметр газопровода, м; P_{cp} — среднее давление для первого аварийного участка, Па; T_{cp} — средняя температура для первого аварийного участка, К; R — газовая постоянная, Дж/кг·К; Z_0^{cp} — коэффициент сжимаемости газа до разрыва при параметрах $P_{cp} T_{cp}$; $M_{\text{дкс}}$ — масса газа, кг, которая нагнетается в аварийный участок газопровода КС до момента отсечения аварийного участка.

$M_{\text{дкс}}$, кг, вычисляется по следующей формуле:

$$M_{\text{дкс}} = G_{\text{дкс}} \cdot t, \quad (4)$$

где $G_{\text{дкс}}$ $M_{\text{дкс}} = G_{\text{дкс}} \cdot t$, — производительность, кг/с;

Величина M_H , кг, рассчитывается по формуле:

$$M_H = \frac{2 \cdot M_\Gamma \cdot d_0}{\lambda \cdot L_1 \cdot \sqrt{k}} \left[\left(\frac{1}{k} \cdot \left(\frac{k+1}{2} \right)^{\frac{k+1}{k-1}} + \frac{\lambda \cdot L_1}{d_0} \right)^{\frac{1}{2}} - \left(\frac{1}{k} \cdot \left(\frac{k+1}{2} \right)^{\frac{k+1}{k-1}} \right)^{\frac{1}{2}} \right], \quad (5)$$

где λ — коэффициент гидравлического сопротивления (определяется в соответствии с рекомендациями СТО Газпром 2-2.3-400-2009, приложение Е); k — показатель адиабаты газа;

Коэффициент, зависящий от начального критического расхода газа:

$$\eta_L = \frac{2 \cdot M_\Gamma}{\varepsilon_L \cdot G_0}, \quad (6)$$

где G_0 — начальный критический массовый расход газа, кг/с; ε_L — постоянная по времени, с;

Постоянная по времени, с, рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_L = \frac{2}{3} \cdot \frac{L_1}{a_0} \cdot \sqrt{\frac{k \cdot \lambda \cdot L_1}{d_0}}, \quad (7)$$

где a_0 — скорость звука в газе до разрыва, м/с;

Скорость звука в газе до разрыва, м/с, рассчитывается по формуле:

$$a_0 = \sqrt{k \cdot R \cdot Z_0^{cp} \cdot T_0^{cp}} \quad (8)$$

где T_0^{cp} — средняя температура газа, К;

Начальный критический массовый расход газа, кг/с рассчитывается по формуле:

$$G_0 = \frac{P_0 \cdot \pi \cdot d_0^2 \cdot \sqrt{k}}{4 \cdot \sqrt{R \cdot Z_k \cdot T_0^{cp}}} \cdot \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{2 \cdot (k-1)}} \quad (9)$$

Масса газа, кг, выброшенная из первой аварийной секции:

$$M = M_n \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{t_n}{\eta_n^2 \cdot \varepsilon_n}\right) \right) + (M_r - M_n) \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{t_n}{\varepsilon_n}\right) \right), \quad (10)$$

Аналогичным образом производится расчет параметров аварийного истечения газа из второго аварийного участка газопровода.

Расчет параметров образовавшегося пламени

В данном случае пламя пожара моделируется в виде вертикального цилиндрического твердого теплового излучателя (рис. 1).

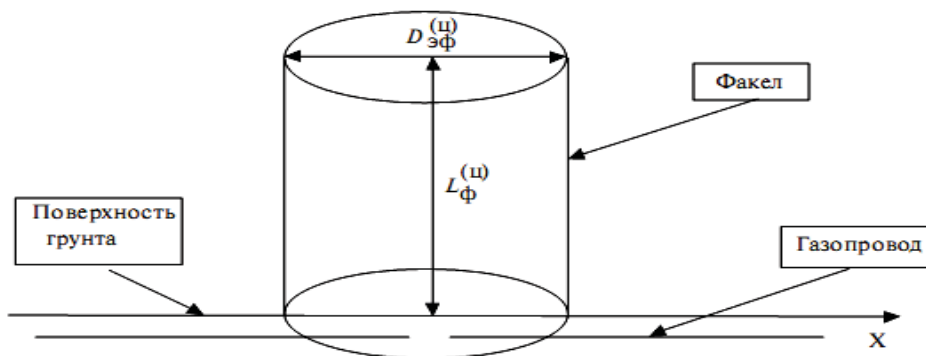


Рис. 1. Модель излучателя в виде вертикально стоящего цилиндра

Искомые параметры определяются путем решения следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} L_{\phi}^{(u)} = 0,23 \cdot Q_{\phi}^{0,4} - 1,02 \cdot D_{\text{эф}}^{(u)}; \\ D_{\text{эф}}^{(u)} = 0,5 \cdot L_{\phi}^{(u)}; \\ Q_{\phi} = G \cdot Q_{\text{н}}^T, \end{cases} \quad (11)$$

где $L_{\phi}^{(u)}$ — длина (высота) цилиндра пламени, м; $D_{\text{эф}}^{(u)}$ — эффективный диаметр очага пожара, м; Q_{ϕ} — общее тепловыделение пожара, кВт; $Q_{\text{н}}^T$ — низшая теплота сгорания газа, Дж/кг; $G_{\text{сум}}$ — суммарный массовый расход газа, кг/с.

Решив систему уравнений в среде MATHCAD, в соответствии с исходными данными: $Q_{\text{н}}^T(\text{природного газа}) = 51021 \text{ КДж/кг}$; $G_{\text{сум}} = 100,183 \text{ кг/с}$, получены результаты: $L_{\phi}^{(u)} = 73,48 \text{ м}$; $D_{\text{эф}}^{(u)} = 36,74 \text{ м}$; $Q_{\phi} = 5,111 \cdot 10^6 \text{ кВт}$.

Расчет интенсивности теплового потока с поверхности излучателя в виде вертикального цилиндра

Величина потока тепловой радиации q , кВт/м², воспринимаемой наземным объектом на расстоянии x от центра горения, пропорциональна выражению:

$$q = \frac{P_{\text{раб}} \cdot D_{\text{эф}}^2}{x^n}, \quad (12)$$

где $P_{\text{раб}}$ — рабочее давление в газопроводе;

Расчет радиационного теплового воздействия пожаров:

$$q(x, y) = E_f \cdot \nu \cdot \phi(x, y), \quad (13)$$

где E_f — интенсивность излучения с единицы поверхности пламени, кВт/м²; ν — коэффициент поглощения излучения атмосферой; $\phi(x, y)$ — угловой коэффициент облучения.

Интенсивность излучения с единицы поверхности пламени:

$$E_f = \frac{q}{S_{\phi}}, \quad (14)$$

где S_{ϕ} — площадь излучающей поверхности, m^2 ; q — поток теплового излучения от пламени, определяемый как часть общего тепловыделения факела (q_{ϕ}), $KВт/m^2$, рассчитывается по формуле:

$$q = q_{\phi} \cdot \eta \quad (15)$$

где η — коэффициент излучения в окружающее пространство.

Коэффициент поглощения излучения атмосферой:

$$\nu = a - 0,12 \cdot \lg(x), \quad (16)$$

где a — коэффициент, зависящий от относительной влажности воздуха w , %

x — расстояние от источника до облучаемого объекта, м;

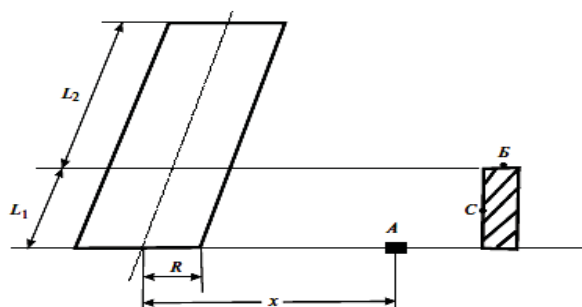


Рис. 2. Излучатель в виде вертикального цилиндра

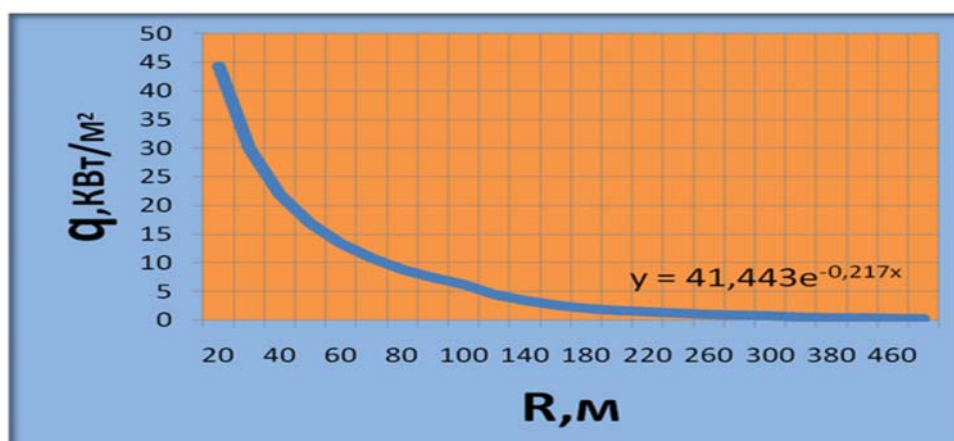


Рис. 3. Интенсивность теплового потока в зависимости от расстояния от поверхности пламени

Вертикальный коэффициент облучения рассчитывается по формуле:

$$\phi_B = \frac{1}{\pi \cdot H} \left[\begin{aligned} & \operatorname{arctg} \left(\frac{L}{\sqrt{H^2 - 1}} \right) - L \cdot \operatorname{arctg} \left(\frac{\sqrt{H-1}}{\sqrt{H+1}} \right) + \\ & + \frac{L \cdot (X+Z)}{2 \cdot \sqrt{X \cdot Z}} \cdot \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{(H-1) \cdot X}{(H+1) \cdot Z}} \right) \end{aligned} \right]; \quad (17)$$

Горизонтальный коэффициент облучения:

$$\phi_\Gamma = \frac{1}{\pi} \left[\begin{aligned} & \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{H+1}{H-1}} \right) - \frac{L^2 + H^2 - 1}{\sqrt{X \cdot Z}} + \\ & + \frac{L \cdot (X+Z)}{2 \cdot \sqrt{X \cdot Z}} \cdot \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{(H-1) \cdot X}{(H+1) \cdot Z}} \right) \end{aligned} \right], \quad (18)$$

$$H = \frac{2 \cdot X}{D_{\text{эф}}}; \quad L = \frac{2 \cdot L_\phi}{D_{\text{эф}}}; \quad X = (H+1)^2 + L^2; \quad Z = (H-1)^2 + L^2. \quad (19)$$

СИСТЕМА ПЕННОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ «STALT-FIREFLEX»

Атоян Г. Л., Гуменюк В. И.

*Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет*

Применение пены со сжатым воздухом (ПСВ) дает возможность построения современных систем пенного пожаротушения (СППТ), работающих без подвода сетевого электропитания на все расчетное время работы установки. Таковой является новая система пенного пожаротушения производства ООО «СТАЛТ» (г. Санкт-Петербург) с применением пенообразующего состава, разработанного канадской фирмой FireFlex и запатентованного пеногенератора фирмы «СТАЛТ» [1], см. также патенты [2, 3].

На рис. 1 приведен общий вид образца действующей установки пенного пожаротушения «STALT-FireFlex» широкого профиля применения (на рисунке — возможные варианты расположения оборудования). Технология генерирования воздушно-механической пены ПСВ обеспечивает формирование однородной мелкоструктурной пены низкой кратности с

гарантированным отсутствием в ней остаточной жидкой фазы водного раствора пенообразователя. Благодаря этой особенности пена обладает повышенной адгезией и особыми механическими свойствами, что обеспечивает повышенную эффективность тушения при низкой интенсивности орошения.



Рис. 1. Общий вид системы пенного пожаротушения «STALT-FireFlex»

Комплект оборудования «STALT-FireFlex» представляет собой дренчерную установку пенного пожаротушения, которая может быть приведена в действие электрически, пневматически или вручную. Как известно, в отличие от спринклерной, дренчерная система пожаротушения не имеет насадок с тепловыми замками, которые плавятся под воздействием температуры. Здесь подача огнетушащего состава производится не после расплава предохранителя, а по команде от датчиков или при помощи ручного управления.

Общая схема функционирования установки «STALT-FireFlex» на основе ПСВ приведена на рис. 2. Основным элементом установки является пеногенерирующее устройство, которое из воды, пенообразующего состава и с применением сжатого воздуха обеспечивает формирование воздушно-механической пены низкой кратности (пены ПСВ). Пена, подаваемая установкой (компрессионная пена), генерируется по новой уникальной технологии, обладает особыми огнетушащими свойствами, главным из

которых является высокая эффективность тушения при низкой интенсивности орошения.

Воздух подается в систему из баллонов высокого давления через редукторы, обеспечивающие снижение давления до рабочего уровня. Хранение пенообразующего состава осуществляется в специальном баке. В дежурном режиме бак находится под атмосферным давлением, при пуске установки — надувается воздухом. Готовая пена из пеногенерирующего устройства по системе трубопроводов поступает в защищаемую зону и подается на очаг пожара.

Распределение пены в защищаемой зоне осуществляется ротационными оросителями, вращающихся за счет реактивного эффекта, или с помощью осциллирующих оросителей, обеспечивающих подачу пены в секторе 90° или 180° на значительные расстояния (до 28 м).

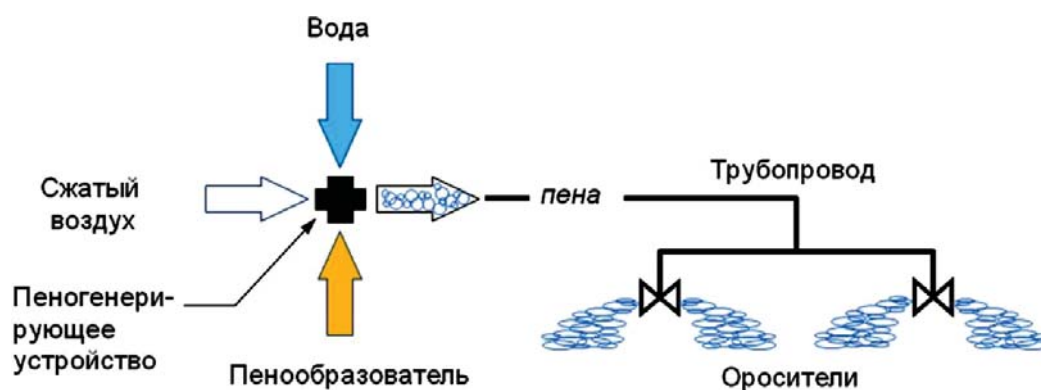


Рис 2. Общая схема работы установки пожаротушения на основе ПСВ

Основные характеристики установки «STALT-FireFlex» в сравнении с традиционной установкой приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика	Традиционная пена	Пена ПСВ
Интенсивность орошения, л/с*м ²	От 0,08 до 0,17	0,027
Концентрация пенообразователя	3 %	2 %

К преимуществам установки по сравнению с традиционной технологией пенного пожаротушения относятся:

- формирование плотного «одеяла» на поверхности, обеспечивающего эффективное тушение;
- высокая кинетическая энергия пенной струи, позволяющая достигать удаленные очаги без смены позиции тушения;
- работоспособность установки в отсутствие электропитания;
- низкая электропроводность пены;
- уменьшенное парообразование;
- простота уборки.

При эксплуатации установки на объекте достигается:

- экономия площадей за счет компактности оборудования;
- экономия площадей за счет уменьшения требуемого для тушения количества воды;
- повышенная безопасность для людей и окружающей среды;
- экономия воды и пенообразователя;
- отсутствие дополнительного ущерба защищаемым помещениям.

При проектировании систем пожаротушения на основе установки «STALT-FireFlex» проектирование практически не отличается от проектирования обычной системы водяного или пенного пожаротушения [8]. Расчет параметров системы и диаметров трубопроводов осуществляется с помощью автоматизированного программного обеспечения.

Установка «STALT-FireFlex» прошла тестовые испытания, получены следующие результаты (табл. 2, 3).

Демонстрация и испытания установки проводились в присутствии представителей МЧС в г. Нижнекамск (Татарстан) на специализированном полигоне при химическом предприятии, позволяющем тестировать системы пожаротушения при воспламенении нефтепродуктов, разлитых по поверхности. В испытаниях также участвовали пожарные расчеты — огнеборцы 1 Федерального отряда (1 ОФПС) ГПС МЧС России, готовые в случае возникновения нештатных ситуаций самостоятельно потушить пламя. Однако этого не потребовалась — установка «STALT-FireFlex» успешно прошла испытания и продемонстрировала заявленные характеристики.

Таблица 2

Тест UL-162 (гептан, площадь очага 4,6 кв. м)

Тип установки пожаротушения	Традиционная установка пенного пожаротушения	Компрессионная пена
		
Время тушения	2 мин. 32 с	50 с
Расход ОТВ	3,9 л/с	1,53 л/с
Интенсивность орошения	0,1 л/с·м ²	0,027 л/с·м ²
Концентрация пенообразователя	3 %	2 %
Количество израсходованной воды	575 л	75 л
Количество израсходованного пенообразователя	17,7 л	6,5 л

Таблица 3

Тушение трансформатора

Тип установки пожаротушения	Водяная дренчерная установка	Компрессионная пена
		
Время тушения	3 мин. 55 с	1 мин. 30 с
Расход ОТВ	15 л/с	3 л/с
Количество израсходованной воды	3560 л	264 л
Количество израсходованного пенообразователя	0 л	5,4 л

Менее чем за 1 минуту установка потушила резервуар большой площади, израсходовав для этого не более 36 литров пенообразователя и 500 литров воды (рис. 3)!



Рис. 3. Испытания, г. Нижнекамск

Общий вид оборудования «STALT-FireFlex», спроектированного для промышленного применения, приведен на рис. 4. Промышленная система газового пожаротушения (СПГТ) ООО «СТАЛТ» достаточно хорошо известна [5–7]. Что касается стационарной промышленной установки новой системы пенного тушения, СПГТ смонтирована на объекте Саяно-Шушенская ГЭС, в соответствии с Проектом «Восстановление СШГЭС», в частности, для защиты помещений маслонапорной установки (МНУ) гидроагрегатов. Проведены демонстрационные испытания на объекте [4].



Рис. 4. СПГТ «STALT-FireFlex», размещенная на СШГЭС

Для создания мобильного комплекса СППТ «STALT-FireFlex» с целью использования в составе пожарной техники МЧС необходима поставка СППТ на шасси. Со стороны ГПС МЧС России уже проявлен интерес на 100 единиц подобной техники. Для «мобилизации» СППТ потребуется дополнительное проектирование и проведение соответствующих расчетов.

Литература:

1. Тригубович А. А. RU 116052 U1. Пеногенератор. Патент на полезную модель. Опубликовано 20.05.2012 г.

2. Хохряков Б. Г., Васильев В. В. (RU), Бакалов С. И., Селезнев Г. Н., Писанко Е.Д. RU 43927 U1. Пеногенератор. Патент на полезную модель. Опубликовано 10.02.2005 г.

3. Кочетов О. С., Стареева М. О. RU 2416446 C1. Пеногенератор со встречно закрученными потоками типа ВЗП. Изобретение. Опубликовано 20.04.2011 г.

4. ООО «СТАЛТ». Отчет по результатам демонстрационных испытаний установки пенного пожаротушения «STALT-FireFlex» на объекте Саяно-Шушенская ГЭС им. П. С. Непорожного. Дата проведения испытаний — 29 июня 2012 г.

5. Росман В. Л., Тригубович А. А., Соколова Л. Е., Атоян Г. Л. RU 2012132041/12 (050606). ЗАПОРНО-ПУСКОВОЕ УСТРОЙСТВО (ЗПУ) УСТАНОВКИ ГАЗОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ. Патент на полезную модель, решение о выдаче патента от 18.09.2012 г.

6. Гуменюк В. И., Атоян Г. Л. Технология заправки модулей систем газового пожаротушения (СГПТ) морской стационарной ледостойкой платформы (МСЛП) «Приразломная», методика расчета необходимых объемов флегматизирующих и огнетушащих веществ для СГПТ. Материалы международной научно-практической конференции «XXXX Неделя науки СПбГПУ», секция «Управление в чрезвычайных ситуациях», Санкт-Петербург, декабрь 2011 г. СПб.: СПбГПУ — 2011. С. 36-37.

7. Гуменюк В. И., Атоян Г. Л. Разработка новой модификации запорно-пускового устройства (ЗПУ) для использования в составе промышленных систем газового пожаротушения. Материалы международной

научно-практической конференции «XLI Неделя науки СПбГПУ», секция «Управление в чрезвычайных ситуациях», Санкт-Петербург, декабрь 2012 г. СПб.: СПбГПУ — 2012. С. 15-18.

8. СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования».

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ, ОБРАЩАЮЩИХСЯ В ПОМЕЩЕНИЯХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Глотова К. В.

*Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет*

В процессе труда персонал ГРЭС может подвергаться разным внешним воздействиям — механическим, электрическим, химическим, тепловым и т. д. Человеческому организму свойственно безболезненно переносить те или иные воздействия, пока они не превышают определенных уровней и продолжительности. В противном случае происходят повреждения организма, которые при достижении определенной степени квалифицируются как несчастные случаи, травмы.

Решение многообразных вопросов производственной безопасности предполагает знание источников вредных и опасных факторов производственной среды ГРЭС, характера их воздействия на человека.

В данной статье рассматриваются основные опасные вещества, находящиеся в помещениях электрической станции и дана их краткая характеристика.

К легковоспламеняющимся и горючим жидкостям (ЛВЖ и ГЖ), обрабатываемым в помещениях ГРЭС относятся:

- природный газ — метан;
- мазут;
- турбинное масло;
- серная кислота;
- сернистый газ;
- хлористый водород.

Метан является рабочим топливом станции. Поставка природного газа осуществляется из магистрального газопровода «Ямал-Европа», от газопровода Валдай-Псков-Рига и далее от линии Порхов-Великие Луки по отводу через газораспределительную станцию (ГРС № 16 «Дедовичи») на газораспределительный пункт Псковской ГРЭС, откуда одним газопроводом подается в котлотурбинный цех к котлам.

- Предельно допустимая концентрация метана в воздухе рабочей зоны — 7000 мг/м³;
- Плотность при 20 °С — 0,682 кг/м³;
- Температура воспламенения — 645 °С;
- Пределы взрываемости — 5-15 %;
- Класс опасности — 4 (малоопасные вещества).

Метан не ядовит, но, вытесняя кислород из воздуха, может действовать удушающе. Способен гореть в смеси с воздухом и взрываться. При горении и взрыве при достаточном содержании кислорода образуется углекислый газ и вода, а при недостаточном содержании кислорода образуется окись углерода и вода. Особенность воспламенения метано-воздушной смеси в наличии индукционного периода, т. е. запаздывания. Так, при температуре воспламенения 650° С запаздывание взрыва составляет до 10 секунд.

При концентрации метана до 5 % и выше 16 % он горит. При концентрации в воздухе от 5 до 16 % метан взрывается. Наибольшей силы взрыв происходит при концентрации метана 9,5 %.

Физиологическое действие на человека метан оказывает лишь в очень высокой концентрации (из-за малой растворимости метана в воде и крови).

Так, при содержании в воздухе 25-30 % метана появляются первые признаки асфиксии (учащение пульса, увеличение объема дыхания, нарушение координации тонких мышечных движений и т. д.). Более высокие концентрации метана в воздухе вызывают у человека головную боль. При содержании кислорода в воздухе менее чем 18 % действует удушающе.

Мазут используется на псковской электростанции в качестве резервного источника топлива и является остаточным продуктом, образующимся при выделении из нефти более легких фракций (керосиновых,

бензиновых и др.) С химической точки зрения мазут представляет собой набор углеводородов с примесью нефтяных смол, карбенов, асфальтенов, карбоидов и металлоорганических соединений.

- Предельно допустимая концентрация мазута в воздухе рабочей зоны — 300 мг/м³;
- Плотность при 20° С — 890-1000 кг/м³;
- Температура воспламенения — 80-100° С;
- Пределы взрываемости — 1,4-8 %;
- Класс опасности — 4 (малоопасные вещества).

Длительный контакт с мазутом вызывает аллергии, увеличивает степень риска заболевания органов дыхания, раздражает слизистую оболочку и кожу человека, вызывая тем самым ее поражение и возникновение кожных заболеваний. Могут отмечаться слабость, головные боли, слезливость, истерия, у женщин нарушения менструального цикла. Порой нарушается функция органов зрения, печени, желудка. При хроническом воздействии на организм может быть дистрофия миокарда.

Турбинное масло используется для смазки, охлаждения и гидравлического привода маслонапорной установки, турбинных подшипников, подшипников и подпятника генератора, маслопроводов системы регулирования в котлотурбинном цехе электростанции.

- Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны — 300 мг/м³;
- Плотность при 20 °С — 900 кг/м³;
- Температура вспышки — 186 °С;
- Пределы взрываемости — нет;
- Класс опасности — 4 (малоопасные вещества).

Вдыхание паров турбинных масел приводит к развитию бронхита, липоидной пневмонии, белковой дистрофии печени и почек. При воздействии на кожу вызывает заболевания фолликулярного аппарата кожи, токсичные меландрмии, профессиональный дерматит, экземы, кератозы, папилломы и другие повреждения кожи.

Серная кислота используется в системе химической очистки и подготовки воды для подпитки энергетических котлов, которая включает в себя две стадии обработки воды:

- предварительную обработку воды или предочистку (предназначена для осветления воды методом коагуляции сернокислым алюминием в осветлителях);
- окончательную, ионитную обработку на двухступенчатой обессоливающей установке (предназначена для восполнения потерь пара и конденсата в цикле энергоблоков).

Серная кислота — очень едкое вещество. Она токсична и поражает кожу, слизистые оболочки, дыхательные пути (вызывает химические ожоги). При вдыхании паров этого вещества оно вызывает затруднение дыхания, кашель, нередко — *ларингит, трахеит, бронхит* и т. д. При соприкосновении ее с водой происходит бурная реакция с большим выделением тепла, паров и газов. Негорюча, однако, легко взаимодействует со многими веществами, особенно органическими, выделяя большое количество тепла, что может привести к возгоранию или взрыву. Поражающая концентрация паров серной кислоты 0,008 мг/л (экспозиция 60 мин.), смертельная 0,18 мг/л (60 мин.).

- Предельно допустимая концентрация аэрозоля серной кислоты в воздухе рабочей зоны — 1,0 мг/м³;
- Плотность при 20 °С — 1835 кг/м³;
- Температура воспламенения — не воспламеняется;
- Пределы взрываемости — нет;
- Класс опасности — 2 (высокоопасные вещества).

Сернистый газ может выделяться при зарядке аккумуляторных батарей закрытого типа. Его токсичность заключается в том, что он, растворяясь во влаге, образует серную кислоту.

- Предельно допустимая концентрация сернистого газа в воздухе рабочей зоны — 10 мг/м³;
- Плотность при 20 °С — 2,927 кг/м³;
- Температура кипения — -10,01 °С;
- Пределы взрываемости — нет;
- Класс опасности — 3 (умеренно опасные вещества).

При малых концентрациях сернистого газа наблюдаются явления раздражения верхних дыхательных путей и глаз, першение в горле, чихание, охриплость голоса, кашель и насморк, слезотечение, гиперемия слизистых оболочек носа и глотки.

Более высокие концентрации вызывают воспаление, и даже ожог слизистых оболочек глаз, носоглотки, трахеи и бронхов. При этом нарастают одышка и цианоз, приступы сухого кашля, боль в носу, горле и груди. Появляются тошнота, затруднение глотания и речи, атония, рвота, часто с примесью крови, в легких определяются сухие и влажные хрипы, головная боль, головокружение и общая слабость.

При тяжелых отравлениях развиваются гнойные бронхиты и бронхоолиты, токсические пневмонии, острая эмфизема. При этом наблюдается расстройство сознания. Однако тяжелая форма отравления встречается редко, так как вдыхание большой концентрации сернистого газа вызывает рефлекторный спазм голосовой щели с ощущением удушья. Это заставляет пострадавшего быстро выйти на свежий воздух, что и прекращает дальнейший контакт с ядом.

Хлористый водород так же может выделяться при зарядке аккумуляторных батарей, образуя при смеси с воздухом взрывоопасную смесь — так называемый гремучий газ. Наибольшую взрывоопасность этот газ имеет при объемном отношении водорода и кислорода 2:1, или водорода и воздуха приближенно 2:5, так как в воздухе кислорода содержится примерно 21 %. Водород быстрее других газов распространяется в пространстве, проходит через мелкие поры, при высоких температурах сравнительно легко проникает сквозь сталь и другие материалы.

- Предельно допустимая концентрация водорода в воздухе рабочей зоны — 0,3 мг/м³;
- Плотность при 20 °С — 0,0899 кг/м³;
- Температура воспламенения — 510 °С;
- Пределы взрываемости — 4-77 %;
- Класс опасности — 2 (высоко опасные вещества).

При контакте с влажным слизистыми оболочками глаз и верхних дыхательных путей хлористый водород мгновенно образует соляную кислоту, которая, будучи химически очень активной, реагирует с белками,

углеводами и другими органическими веществами, оказывая «разъедающий» эффект.

Хлористый водород в газообразном и аэрозольном состоянии вызывает ингаляционные поражения. Соляная кислота поражает кожу и вызывает при попадании внутрь тяжелые отравления.

При высоких концентрациях хлористого водорода появляется раздражение верхних дыхательных путей с насморком, кашлем вплоть до удушья с мокротой, в которой иногда может появляться кровь; возможны конъюнктивиты, помутнение роговицы.

При вдыхании аэрозоля соляной кислоты появляется кашель, учащение дыхания, в легких влажные мелкопузырчатые хрипы, мокрота отхаркивается с большим трудом, возможен отек гортани и голосовых связок, тошнота, рвота, острые боли в области желудка. Одновременно появляется резкая болезненность кожи лица; кожа горячая и сухая.

Смерть может наступить в первые часы от асфиксии вследствие отека гортани, реже — через несколько суток от пневмонии. Перечисленная симптоматика характерна для тяжелого отравления.

Таким образом, исходя из вышеперечисленных характеристик опасных веществ, обращающихся в помещениях электрических станций, мероприятия по обеспечению безопасности труда на электрической станции должны в первую очередь предусматривать включение данных токсикологических характеристик опасных веществ в технологические регламенты станции, а так же применение средств индивидуальной защиты работающих, специальную подготовку и инструктаж обслуживающего персонала, проведение предварительных и периодических медицинских осмотров лиц, имеющих контакт с данными веществами и разработку инструкций по оказанию доврачебной и неотложной медицинской помощи пострадавшим при отравлениях.

Список литературы:

1. ГОСТ 12.1.007-76* «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».
2. ОСТ 51.40 – 93 «Газы горючие природные, поставляемые и транспортируемые по магистральным трубопроводам».

3. ГОСТ 667-73 «Кислота серная аккумуляторная. Технические условия».
4. ГОСТ 32-74 «Масла турбинные. Технические условия».
5. ГОСТ 10585-99 «Топливо нефтяное. Мазут. Технические условия».
6. Левина Е. Н. (ред.) «Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей», Т. 1, 1976 г.
7. Письмен М. К. «Производство водорода в нефтеперерабатывающей промышленности», М., 1976. — 209 с.
8. Рябов И. В. (ред.) «Пожарная опасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности». Справочник — М.: Химия, 1970 г. — 336 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

Глотова К. В.

*Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет*

Проведен подробный анализ возможных аварий техногенного характера и причин, их вызывающих, на потенциально опасных объектах энергетики на примере электрических станций.

Государственная районная электрическая станция (ГРЭС) согласно ФЗ-116 относится к опасным производственным объектам, на которых получают, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются воспламеняющиеся и горючие вещества, а так же используется оборудование, работающее под давлением.

Анализ аварийных ситуаций на эксплуатируемых электростанциях показывает, что наибольшее количество аварий, технологических нарушений приходится на первые годы эксплуатации, когда выявляются дефекты в изготовлении и конструкции оборудования, в проектных решениях, ошибки при проведении строительно-монтажных работ и эксплуатации станции.

Со временем аварийные ситуации возникают, в основном, в связи с износом оборудования, отказом систем управления и автоматики или по вине эксплуатационного персонала.

Однако это не только не исключает, но и дает повод детально рассмотреть наиболее вероятные причины возникновения техногенных аварий на ГРЭС.

К легковоспламеняющимся и горючим жидкостям (ЛВЖ и ГЖ), обращающимся в помещениях ГРЭС относятся технические масла (турбинное и трансформаторное), мазут, исполняющий функцию резервного топлива, а так же агрессивные кислоты и взрывоопасные газы (серная кислота и водород, выделяющийся при зарядке аккумуляторных батарей) и природный газ, являющийся основным топливом электростанций.

Аварии при процессах, в которых задействованы эти горючие вещества, могут развиваться по следующим сценариям: разрушение корпуса бака или резервуара → образование пролива → растекание опасного вещества → наличие источника зажигания → пожар. В дальнейшем возможны следующие варианты развития аварии:

1. мгновенного воспламенения не произошло, авария локализована, благодаря эффективным мерам по предотвращению пожара, либо в связи с рассеянием парового облака;

2. сгорание облака топливовоздушной смеси (ТВС) в атмосфере;

3. пожар разлива — горение вещества разлива, испаряющегося с поверхности жидкости при нарушении целостности технологических емкостей.

4. взрыв газового облака, возникновение ударной волны, в результате разгерметизации резервуара хранения и сгорании смеси паров опасного вещества, его капель и воздуха.

Из перечисленных вариантов развития аварии только в двух последних случаях возможна угроза поражения человека и сооружений.

Повреждения трансформаторов электрической станции могут так же сопровождаться пожарами вследствие повреждения обмоток с полным или частичным разрушением бака и возгоранием масла, что приводит к безвозвратным людским потерям.

Частыми причинами аварий трансформаторов являются:

- систематические перегрузки трансформаторов;

- прохождение сквозных токов короткого замыкания (главным образом из-за плохого состояния распределительных сетей);
- несоответствие защитных устройств;
- попадания влаги в трансформатор из-за неудовлетворительного уплотнения вводов;
- недостаточная прочность баков у некоторых трансформаторов.

Наблюдаются аварии с переключателями ответвлений трансформаторов при переходе с одной ступени регулирования напряжения на другую из-за попадания влаги, нарушений крепления механизма переключателя.

Бывают случаи утечки масла из расширителя и газового реле, в то время как масломерное стекло в результате засорения показывает нормальный уровень масла.

Причинами аварий в мазутном хозяйстве ГРЭС могут стать:

- срыв работы мазутных насосов;
- разрыв магистральных мазутопроводов;
- ошибочные переключения в схеме мазутопроводов;
- появление течи мазута.

К авариям электрооборудования можно отнести повреждения или отказы в работе, вызванные либо конструктивными недоработками заводов-изготовителей этого оборудования, либо низким качеством обслуживания оборудования персоналом ГРЭС.

Например, при повышении частоты тока в энергосистеме может возникнуть асинхронный ход синхронного генератора, в результате которого может произойти разрушение роторов турбины и генератора, повреждение вспомогательного оборудования электростанции.

Разгон турбины до частоты вращения, превышающей значение, указанное заводом-изготовителем, при несрабатывании автомата безопасности и дополнительной защиты приводит к поломке валопровода, которая, в свою очередь, приводит к повреждению подшипников турбины и генератора, загоранию масла и водорода, выводу из строя турбоагрегата на длительное время.

Аварии, связанные с повреждениями трубопроводов питательной воды (свищи, пробой прокладок, трещины, разрывы), относятся к разряду

наиболее тяжелых аварий на электростанциях. Они могут привести к повреждениям основного и вспомогательного оборудования струей воды, поверхностей нагрева котла из-за прекращения или снижения расхода воды на котел, а также создать серьезную угрозу безопасности эксплуатационного персонала.

Повреждения трубопроводов питательной воды могут произойти в результате:

- эрозионного износа;
- гидравлических ударов в трубопроводах;
- недостаточной компенсации тепловых расширений при заземлении на опоре;
- неисправности подвижных опор;
- некачественной сварки трубопроводов или дефектной технологии обработки стыков.

Причинами же разрыва главных паропроводов электростанций могут быть:

- недостаточная компенсация тепловых расширений при заземлении паропровода;
- неудовлетворительное качество металла;
- некачественная сварка;
- снижение прочности металла в результате ползучести;
- гидравлические удары в паропроводах.

Причинами аварийных ситуаций в газопроводах и газовом хозяйстве ГРЭС, работающей на природном газе, могут быть:

- появления неплотностей в обмуровке, в местах установки предохранительно - взрывных клапанов и газоходах;
- прекращения подачи электроэнергии или исчезновения напряжения на устройствах дистанционного и автоматического управления и средствах измерения;
- неисправности контрольно-измерительных приборов (КИП), средств автоматизации и сигнализации;

- выход из строя предохранительных блокировочных устройств и потери герметичности затвора запорной арматуры перед горелкой;
- неисправности горелок, в том числе огнепреградителей;
- появления загазованности, обнаружения утечек газа на газовом оборудовании и внутренних газопроводах;
- взрыв в топочном пространстве, взрыв или загорания горючих отложений в газоходах;
- пожар.

Если рассмотреть отдельно взятый случай — взрыв в топке, к примеру — то к нему приводит значительное снижение давления газа в газопроводе, что влечет за собой опасность затягивания факела в устье горелки (в связи с этим и не допускается работа на газе при давлении газа перед горелками ниже 5 кПа (0,05 кгс/см²)).

Исходя из этого, аварийное отключение газопроводов (вплоть до отключения газораспределительного пункта электростанции) и газового оборудования производится в случаях разрыва сварных стыков, коррозионных и механических повреждений газопровода и арматуры с выходом газа, а также при взрыве, пожаре, непосредственно угрожающих газопроводам и газовому оборудованию.

Выше названы лишь основные, наиболее часто повторяющиеся причины аварий и не указаны многие другие, имевшие место в эксплуатации. И хотя причины аварий кажутся порой случайными, вероятность повторения их все же достаточно велика. Поэтому все случаи аварий самым тщательным образом расследуются, изучаются, и принимаются меры к тому, чтобы исключить их повторение.

Литература:

1. Буров В. Д., Дорохов Е. В., Елизаров Д. П., и др. Под ред. Лавыгина В. М., Седлова А. С., Цанева С. В. «Тепловые электрические станции» Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: «Издательский дом МЭИ», 2007. — 466 с.

2. Федеральный закон РФ от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

3. ПБ 12-368-00 «Правила безопасности в газовом хозяйстве» от 26 мая 2000 г. № 27.

4. РД 153-34.0-03.301-00 «Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий» от 9 марта 2000 г.

5. «Инструкция по предупреждению и ликвидации аварий на тепловых электростанциях» от 30 июня 2003 г. № 265.

6. «Методические рекомендации по осуществлению идентификации опасных производственных объектов» от 5 марта 2008 г. № 131.

РИСКИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРЭС

Глотова К. В.

*Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет*

Государственная районная электрическая станция (ГРЭС) является сложным энергетическим комплексом, состоящим из зданий, сооружений, энергетического и иного оборудования. Основными системами ГРЭС являются:

- котельная установка;
- паротурбинная установка;
- топливное хозяйство;
- электрическая часть;
- техническое водоснабжение (для отвода избыточного тепла);
- система химической очистки и подготовки воды.

При проектировании и строительстве ГРЭС ее системы размещаются в зданиях и сооружениях комплекса, в первую очередь в главном корпусе.

В котельном отделении главного корпуса располагается котельная установка, состоящая из двух паровых котлов (парогенераторов) и паропроводов. Пар от котлов передается двум турбинам по паропроводам «острого» пара.

Паротурбинная установка располагается в турбинном отделении главного корпуса. В нее входят:

- две паровые турбины с двумя электрическими генераторами по 215 МВт каждый;

- конденсатор, в котором пар, прошедший турбину, конденсируется с образованием воды (конденсата);
- питательные и конденсатные насосы, обеспечивающие возврат конденсата (питательной воды) к паровым котлам;
- рекуперативные подогреватели низкого и высокого давления — теплообменники, в которых питательная вода подогревается отборами пара от турбины;
- деаэратор, в котором вода очищается от газообразных примесей;
- трубопроводы и вспомогательные системы.

В топливное хозяйство ГРЭС на природном газе входит газораспределительный пункт и газопроводы. В качестве резервного источника используется мазут, поэтому на ГРЭС также устроено и мазутное хозяйство. В мазутное хозяйство входят:

- приемно-сливное устройство;
- мазутохранилище со стальными резервуарами (6 резервуаров);
- мазутная насосная станция с подогревателями и фильтрами мазута;
- трубопроводы с запорно-регулирующей арматурой;
- противопожарная и другие вспомогательные системы.

Электрическая часть ГРЭС предназначена для производства электрической энергии и ее распределения потребителям. В генераторах ГРЭС создается трехфазный электрический ток напряжением 15,75 кВ. С целью исключения потерь энергии в сетях сразу после генераторов устанавливаются блочные трансформаторы, повышающие напряжение до 110 и 330 кВ.

Подключение и отключение отходящих к подстанциям и потребителям линий электропередачи производится на открытых распределительных устройствах (ОРУ), оснащенных выключателями, способными соединять и разрывать электрическую цепь высокого напряжения при номинальном токе или токах короткого замыкания с образованием и гашением электрической дуги.

Система технического водоснабжения организована прямоточной и обеспечивает подачу большого количества холодной воды для охлаждения конденсаторов турбин. В прямоточной системе ГРЭС вода забирается насосами из реки Шелонь (естественного источника) и после прохождения конденсатора сбрасывается обратно. При этом вода нагревается примерно на 8-12 °С, что изменяет биологическое состояние источника.

Пятиэтажный административно-бытовой корпус (АБК) является отдельно стоящим зданием на территории ГРЭС, предназначенным для инженерно-технических работников и иного персонала, обслуживающего ГРЭС. К АБК пристроен центральный склад и цех ХВО (химводоочистки), обеспечивающего очистку воды для охлаждения конденсаторов турбин.

Так же на территории ГРЭС предусмотрены здания топливно-транспортного цеха, отдела оборудования, азотно-кислородной станции и недостроенный тракт топливной подачи.

Тракт топливной подачи проектировался из расчета, что именно уголь станет резервным топливом для ГРЭС, но ввиду изменившихся технологических условий, тракт не только не был сдан в эксплуатацию, но даже его строительство не было завершено.

На азотно-кислородной станции идет приготовление азота, для продувки резервуаров и трубопроводов, проверки работы трубопроводов под давлением, (так как газообразный азот пожаро- и взрывобезопасен, препятствует окислению, гниению); и кислорода, который в смеси с воздухом используют для более эффективного сжигания топлива в горелках.

Таким образом, энергетическое производство, потребляя огромное количество топлива и кислорода воздуха для его окисления, выдает продукцию в виде электрической энергии, а газообразные, тепловые и твердые продукты сгорания являются его отходами.

Помимо вредного воздействия на окружающую среду, работа электростанции негативно сказываются и на персонале, обслуживающем саму станцию.

В процессе эксплуатации электроэнергетических установок — открытых распределительных устройств и воздушных линий электропередачи сверхвысокого напряжения (330 кВ) возникают электромагнитные поля, являющиеся одним из производственных антропогенных факторов,

который оказывает свое влияние на биологические объекты и, в частности, на человека.

Специальные наблюдения и исследования подтвердили, что интенсивное электромагнитное поле, возникающее в пространстве вокруг токоведущих частей действующих электроустановок влияет на здоровье обслуживающего персонала, вызывая тем самым нарушение функционального состояния центральной нервной и сердечнососудистой систем. При этом наблюдается повышенная утомляемость, снижение точности движений, изменение кровяного давления и пульса, возникновение болей в сердце, сопровождающихся сердцебиением и аритмией, и т. п.

Электрическое поле также может стать причиной воспламенения или взрыва паров горючих материалов и смесей в результате возникновения электрических разрядов при соприкосновении предметов и людей с машинами и механизмами. Электрические разряды возникают в результате разности потенциалов заземленных и не заземленных объектов находящихся в электрическом поле. Для предотвращения разрядов необходимо заземлять объекты, находящиеся в данном электрическом поле.

В целях защиты населения от воздействия электрического поля устанавливаются санитарно-защитные зоны (СЗЗ).

СЗЗ также отделяют электрическую станцию, которая является одним из крупных источников загрязнения окружающей среды.

Количество и характеристика вредных выбросов ГРЭС напрямую зависит от используемого топлива, и при сжигании мазута с дымовыми газами в атмосферный воздух поступают:

- сернистый (SO_2) и серный (SO_3) до 5 % ангидрид;
- окислы азота, а точнее оксид азота NO и диоксид азота NO_2 ;
- пятиокись ванадия V_2O_5 ;
- продукты неполного сгорания (химнедожог);
- угарный газ CO ;
- бенз(а)пирен $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$ (1 класс опасности, твердое вещество);
- углеводороды;
- сажа;

- вещества, удаляемые с наружных поверхностей нагрева при очистках.

Большинство этих продуктов являются токсичными и даже в очень малых концентрациях оказывают вредное воздействие на человека, животный и растительный мир, на почву и воду. Кроме этого, вредное воздействие ГРЭС выражается в шлейфах пыли и дыма, сокращающих ультрафиолетовую радиацию и видимость.

ГРЭС также является крупным потребителем воды для технологических нужд и, соответственно, значительным загрязнителем природных водоемов. Река Шелонь относится к категории рыбохозяйственных природных водоемов, к которым предъявляются соответствующие требования по составу и свойствам воды (табл. 1).

Таблица 1

№ п/п	Показатели состава и качества воды	Рыбохозяйственные природные водоемы
1	2	3
1	Взвешенные вещества	Не должны увеличиваться больше 0,25 мг/л
2	Плавающие примеси	Не должно быть плавающих пленок и нефтепродуктов, пятен минеральных масел, жиров и др.
3	Запахи, привкусы	Не должны быть запахи и привкусы интенсивностью более 2-х баллов
4	Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике 20 см
5	Температура	Не должна повышаться летом более чем на 3° С по сравнению со среднемесячной температурой самого жаркого месяца
6	Солесодержание	-
7	Растворенный кислород	Не менее 4 мг/л в любой период года
8	Биохимические потребления кислорода БПК ₂₀	3 мг/л
9	Железо	-
10	Медь	-
11	Поверхностно-активные вещества (ПАВ)	-
12	Свободный хлор	отсутствие
13	Нефтепродукты	0,05 мг/л

К сточным водам ГРЭС относятся:

- охлаждающие воды (после охлаждения конденсаторов турбин);
- сточные воды водоподготовительных установок и конденсаторочисток;
- отработавшие растворы после химочистки теплосилового оборудования;
- растворы от обмывок поверхностей нагрева котлов, работающих на мазуте.

Разнообразие данных сточных вод приводит к засоленности и замасличенности водоемов.

Исходя из, установленного по факту, неблагоприятного воздействия на окружающую среду, ГРЭС производит плату за лимитированные выбросы загрязняющих веществ, а именно:

- платежи за негативное воздействие на воздух от стационарных и передвижных источников;
- платежи за сброс сточных вод;
- платежи за размещение отходов.

Но, не смотря на приносимый вред, и здесь есть преимущества мощных ГРЭС, с вводом в действие которых ликвидируются источники вредных выбросов — сотни мелких неэкономичных котельных, не имеющих необходимых технических средств, приборов контроля и автоматики, снижающих вредные выбросы в окружающую среду.

Список литературы:

1. Под общей редакцией чл.-корр. РАН Аметистова Е. В. «Основы современной энергетики», том 1 — Москва: Издательский дом МЭИ, 2008.
2. Буров В. Д., Дорохов Е. В., Елизаров Д. П., и др. Под ред. Лавыгина В. М., Седлова А. С., Цанева С. В. «Тепловые электрические станции» Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: «Издательский дом МЭИ», 2007. — 466 с.
3. Быстрицкий Г. Ф. «Основы Энергетики» М.: Инфра-М, 2007.
4. Вороновский Г. К., Стенников В. Н. «Современная тепловая электростанция (теплотехническое оборудование и экология)». Учебное пособие — Х.: Курсор, 2000. — 178 с.

ОПТИМИЗАЦИИ СИЛ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Горбачева А. А.

*Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет*

Транспортные системы являются одним из важнейших источников экологического риска. Балтийское море в 21 веке испытывает все возрастающее влияние техногенных факторов, в том числе связанных с увеличением потока транзитных углеводородов [1]. Нефть составляет основу топливно-энергетических балансов всех экономически развитых стран мира. Среди многочисленных техногенных факторов негативного воздействия на природу нефть занимает одно из ведущих мест, попадая в окружающую среду как в процессе добычи, транспортировки, переработки, хранения и использования нефтепродуктов, так и в результате аварийных разливов.

С каждым годом возрастает количество аварий на морском транспорте. За 2012 год было ликвидировано 147 нефтеразливов на акватории Санкт-Петербурга, собрано около 19 650 кг нефтеводяной смеси.

Токсичные компоненты нефти и нефтепродуктов, попав в живой организм, способны нарушить его нормальную жизнедеятельность, возникает ряд экологических рисков, которые особенно негативно отражаются на экосистемах побережья островной и материковой зон [2]. При ликвидации аварии на береговой линии невозможно обойтись без добровольцев — экологических волонтеров. Экологический волонтер — квалифицированный доброволец, допущенный к участию в защите окружающей природной среды от природных и техногенных воздействий на безвозмездной основе [3].

На первый взгляд волонтерская работа — это бесплатный труд, не несущий в себе никаких материальных затрат. Для квалифицированной работы добровольцев необходимы условия, которые будут способствовать эффективности и безопасности труда. Представим себе следующую ситуацию: произошла авария с разливом нефтепродуктов, часть нефтепродуктов достигла берега и разлилась на площади 785 м². Условно данная территория была поделена на 6 участков по разной степени сложности:

загрязнению, площади, рельефу местности. Для ликвидации последствий данной катастрофы было привлечено 7 групп квалифицированных экологических волонтеров, определены суточные производительность труда ($\text{м}^2/\text{сутки}$) и стоимость обеспечения выполнения работ из расчета на одного человека (руб.).

Для оптимизации сил экологических волонтеров при ликвидации последствий разлива нефтепродуктов необходимо определить число привлекаемых добровольцев в каждой группе для выполнения необходимого объема работ на побережье в течение суток таким образом, чтобы суммарные затраты на очистку указанных площадей были минимальны. Данную задачу лучше всего решать в среде программирования MathCad.

Целевая функция (1), отображающая суммарные затраты на выполнение работ в течение суток с привлечением волонтеров из разных групп запишем так:

$$f(X) := \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^7 (C_j \cdot X_{i,j}), \quad (1)$$

где $X_{i,j}$ — число привлекаемых волонтеров j -й группы для работ на i -м участке; C_j — стоимость обеспечения выполнения работ из расчета на одного человека (руб.) в j -й группе.

Задача состоит в определении таких значений $X_{i,j}$, которые доставят функции минимальное значение при граничных условиях: $X_{i,j} \geq 0$, для $i \in [1,6]$, $j \in [1,7]$. Таким образом, задача свелась к задаче линейного программирования с линейными ограничениями, в ходе решения которой стоимость работ при оптимальном распределении количества человек в каждой группе по участкам составила 55 220 руб. При округлении количества человек, полученного в ходе расчета, до целого значения, получаем оптимальное число экологических волонтеров в каждой группе (табл. 1). Стоимость работ при оптимально выделенном количестве человек в каждой группе (при решении задачи с округлением) составит 55 990 руб.

Результаты решения задачи линейного программирования сведены в табл. 1. К ликвидации последствий смоделированного разлива нефтепродуктов следует привлекать 2, 3, 4, 5, 6 и 7 группы экологических волонтеров.

После округления полученных значений искомым переменных изменятся суммарные затраты на выполнение работ. Очищенная от нефтепродуктов площадь за сутки может составить 786,5 м² (при заданном значении 785 м², табл. 1). Стоимость работ волонтеров за сутки составит 55 990 руб. (при оптимально точном решении общая стоимость обеспечения работы волонтеров составила 55 220 руб., табл. 1).

Таблица 1

Результаты решения задачи

Оптимальное число человек в каждой группе волонтеров (точное решение)					
Группа 7 (уч. 1)	Группа 4 (уч. 2)	Группа 5 (уч.3)	Группа 3 (уч. 4)	Группа 2 (уч. 5)	Группа 6 (уч. 6)
23,81	26,667	46,4	32,195	30	26,364
Число человек в каждой группе волонтеров (после округления до целого)					
Группа 7 (уч. 1)	Группа 4 (уч. 2)	Группа 5 (уч.3)	Группа 3 (уч. 4)	Группа 2 (уч. 5)	Группа 6 (уч. 6)
24	27	47	32	30	26
Определенные для очистки площади территории, м ² (исх. данные)					
1	2	3	4	5	6
150	128	116	132	114	145
Значения очищенных площадей (оптимальное точное решение)					
1	2	3	4	5	6
150	128	116	132	114	144,87
Значения очищенных площадей (после округления значений переменных)					
1	2	3	4	5	6
151,2	129,6	117,5	131,2	114	143

Основными целями волонтерской деятельности является: улучшение состояния окружающей среды, защита животных, объектов, имеющих историческое, культурное и природоохранное значение; распространение природоохранных идей и принципов здорового образа жизни среди населения; получение необходимого опыта и навыков для реализации собственных идей в сфере охраны окружающей среды [3].

Участие подготовленных добровольцев (экологических волонтеров) в ликвидации последствий разливов нефти и нефтепродуктов позволяет в короткий срок провести мероприятия по очистке береговой зоны.

Список литературы:

1. Биненко В. И., Донченко В. К., Растоскуев В. В. Риски и экологическая безопасность природно-хозяйственных систем. СПб.: СПбГУ, НИЦЭБ РАН, 2012.

2. Яковлев В. В. Экологическая безопасность, оценка риска. СПб.: Международный центр экологической безопасности региона Балтийского моря, 2006.

3. Распоряжение Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности № 135-р от 05.09.2012 «Об экологической волонтерской службе Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности».

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ НАДЕЖНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОРГАНИЗМА

Грызунов В. В., Грызунова И. В.
*Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет*

С середины прошлого столетия непрерывно растет интерес биологов и врачей к проблеме надежного функционирования организма в постоянно меняющихся условиях внешней среды. И если для оценки надежности технических конструкций используются разнообразные количественные и качественные критерии, то для биологических систем эта проблема еще окончательно не решена. В литературе понятие «надежности» рассматривается с разных позиций. А. А. Маркосян (1972) под надежностью биологической системы понимает «такой уровень регулирования и такое соотношение элементов физиологического процесса, когда обеспечивается оптимальный ход самого процесса с резервными возможностями, с взаимозаменяемостью звеньев, с быстрым возвратом к исходному состоянию, с

достаточной лабильностью или пластичностью, гарантирующей быстрое приспособление или перестройку». По мнению И. К. Петрова (1981) — это «свойство системы выполнять определенные функции, сохраняя свои показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени». В. Г. Пушкин (1971) рассматривает «вероятность сохранения системой качественных характеристик в течение определенного промежутка времени при заданных условиях ее функционирования» как один из важнейших критериев надежности, трактуя это понятие, как одну из сторон «предметов, явлений, процессов и систем, характеризующих степень эффективности и устойчивости их становления, функционирования и развития, имеющих количественное выражение и ту особенность, что, достигнув определенного предела, может перейти в противоположность (нарушение), изменив тем самым качественное состояние той или иной системы или процесса». По мнению Ю. П. Лисицына, В. П. Петленко (1992), надежность биологических систем «предполагает устойчивость элементарных образований в сочетании с огромной изменчивостью их комбинаций, составляющих все более сложные структуры». Обращает на себя внимание некоторая терминологическая разобщенность некоторых определений.

Рассматривая надежность как интегративную качественную определенность, характеризующую реакции, процессы с позиции их целостности и системности, целесообразно проанализировать формирующие ее основные принципы.

Первый принцип связан с саморегулирующейся организацией живой системы, динамически объединяющейся на основе нервной и гуморальной регуляции, направленной на достижение оптимального приспособительного результата. Ориентированность функциональной системы на конечный адаптивный результат формирует избирательный поиск и извлечение информации из памяти. Второй принцип сопряжен с мультипараметрическим регулированием функциональных систем по возмущению и отклонению, ведь для обеспечения поддержания оптимального уровня основных констант гомеостаза принимают участие несколько функциональных систем, параметры некоторых из них временно отклоняются за пределы оптимума. Третий принцип надежного функционирования живой системы обусловлен ориентацией на конечный полезный приспособительный

результат, который реализуется путем формирования аппарата акцептора результатов действия, представленного «конструкцией» «цель → средство → результат». По мере усложнения конструкции принятия решения в условиях неопределенности базовым инструментом корректности процесса является согласованность между отдельными блоками функциональной системы, которая формирует выбор варианта будущего действия. Четвертый принцип связан с механизмом обратной связи, контролирующим эффективность достигнутой модели результатов действия и программы действия. За счет обратной связи система приобретает способность оценивать степень достижения желаемого и корректировать свое поведение. Пятый принцип сопряжен со структурной и функциональной избыточностью числа элементов функциональной системы. Ведь в состоянии относительного физиологического покоя функционирует лишь незначительная часть структурных элементов, формирующих в данный момент времени доминирующую систему, но по мере повышения требований к организму, возрастает число работающих морфофункциональных структур, обеспечивающих более высокую производительность той или иной системы. Шестой принцип надежности обусловлен феноменом периодичности функционирования, который основывается на перемежающейся активности функционирующих структур, асинхронной работе одноименных структур, мозаичности клеточных структур. Седьмым принципом надежного функционирования организма является стремление к оптимальной экономии материальных ресурсов и энергии с целью максимальной их концентрации на главном направлении формирования функциональной системы, ответственной в данный момент времени за развертывание приспособительных реакций. Восьмой принцип связан с устойчивым информационным взаимодействием между элементами системы, обеспечивающим пространственно-временной оптимум. Хотя окружающий мир и насыщен случайностями, тем не менее, он оказывается в достаточной степени организованным и упорядоченным. Но именно случайности помогают избежать детерминированности в реально существующем мире и они как бы «порождают» процесс управления. Необходимо отметить, что взаимоотношения между случайностями и управлением носят активный характер. Именно это обстоятельство требует от регуляции гибкости,

способности быстрой перестройки и коррекции, что обеспечивается, в достаточной мере, обратной связью.

Девятый принцип надежности основывается на том, что любой биологической системе, по мере усложнения ее структуры и функции, присущи ошибки, отказы, случайные возмущения, причем сама окружающая реальная действительность может порождать их, но при этом их нельзя рассматривать как какое-то «бедствие», от которого нужно полностью избавиться, ибо они являются необходимым элементом в функционировании организма, способствуя порождению взаимных переходов в организме «порядок \Leftrightarrow хаос», обеспечивающих скачкообразный переход с одного уровня функционирования на другой. Следовательно, именно случайность способствует переходу системы на новый путь развития, которая эволюционирует во времени. Подобные взаимные переходы обеспечивают организму способность функционировать в широком диапазоне условий и удовлетворять требованиям непредсказуемости поведения внешней среды. В основе десятого принципа надежного функционирования организма лежит параллельное регулирование (управление), обусловленное полифункциональностью элементов конструкции организма, и даже выход из строя отдельного звена или некоторой их совокупности может существенно не отразиться на активной жизнедеятельности, ибо, в сохранившихся блоках, формируется новая программа действий. Реализация указанного положения невозможна без многоуровневой иерархической системы отбора, усиления, анализа и хранения информации, которая способна самосовершенствоваться и саморазвиваться, надстраивая и перестраивая все новые «этажи» управления, под влиянием потока сигналов из внешней и внутренней среды, как по «горизонтали», так и по «вертикали». Одиннадцатый принцип обусловлен возможностью дискретного, скачкообразного перехода системы в качественно иное состояние, что обеспечивается механизмом форпостного регулирования, предвосхищающего изменения внешней и внутренней сред организма, что отражается в формировании динамической неустойчивости в фазовом пространстве, но при этом программа реализации будущих процессов гипердинамична.

Таким образом, надежность организма предполагает качественную устойчивость функционирования многообразных элементов его

конструкции в сочетании с периодической и аperiodической изменчивостью их комбинаций, образующих все более сложные системы. Качественная устойчивость характеризуется зоной оптимального функционирования, определяющей тактику и стратегию поведения биологической системы в условиях непрерывного воздействия многочисленных статических, составляющих пространственно - временной континуум обитания, и динамических, носящих ритмический и аритмический характер факторов внешней среды. Под их воздействием неизбежно возникают различной модальности и продолжительности колебания физиологических параметров, способные изменить сложившийся тип функционирования. В этих условиях на первый план выдвигаются условия обеспечения устойчивости функционирования, а не стабильности отдельных физиологических параметров. В этом контексте идеи гомеостатического детерминизма, отражавшие относительную консервативность адаптивной нормы, не затронули принципов перехода функционирования организма с одного уровня на другой при постоянном изменении условий существования. Циклические и аperiodические колебания природных внешних факторов формируют определенные требования к процессам саморегуляции и управления. Во-первых, обеспечение колебаний физиологических параметров вокруг заданной величины, во-вторых, сглаживание временного разрыва между возмущениями внешней среды и восстановлением оптимального уровня функционирования с последующей подстройкой хроноструктуры на основе форпостного регулирования. Признание временного разрыва вследствие биологической «инерции», когда еще сохраняются прежние характеристики, не являющиеся оптимальными в новых условиях жизнедеятельности, но отражающие весь прошлый опыт, свидетельствует о появлении сбоев, ошибок в системе управления, во внутренней структуре которых могут сформироваться взаимные переходы «порядок \leftrightarrow хаос \leftrightarrow порядок», обеспечивающие в последующем достижения оптимума. Из изложенного выше можно заключить, что надежность является качественным свойством организма, обеспечивающим устойчивое иерархическое регулирование и функционирование многообразных элементов доминирующей функциональной системы в зоне функционального оптимума и за ее пределами, но в таких границах, когда внутренние приспособительные механизмы

еще способны обеспечить восстановление оптимума с минимизирующим поиском алгоритма целевой функции. Следует подчеркнуть, что анализ этого качественного свойства организма с позиции теории оптимального управления имеет свои особенности, одной из которых является то, что такую систему нельзя характеризовать одним числом — одним критерием. Поэтому процесс «конструирования» подобной системы представлен множеством оптимизационных задач.

НОВЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ДЕЙСТВИЯМ
ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Гуменюк В. И., Доброборский Б. С., Федосовский М. Е.
*Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет*

Аварии на энергетических объектах зачастую приводят к значительному материальному ущербу, а иногда и к человеческим жертвам.

Поэтому на персонал энергетических объектов возлагается высокая ответственность за нарушения требований обеспечения безопасности этих объектов, вплоть до уголовной, а правила оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике утверждены правительством РФ.

При возникновении предпосылок для возможного наступления чрезвычайных ситуаций от персонала требуется выполнение грамотных и оперативных действий, направленных на предотвращение наступления этих ситуаций и минимизации последствий в случае их наступления в соответствии с действующими правилами и инструкциями.

Однако указанные действия персонал должен выполнять в условиях исключительно высокого нервного напряжения, часто приводящего к стрессу, неадекватному поведению, принятию заведомо ошибочных решений и совершению ошибочных действий.

Физиологической причиной такого поведения персонала является недостаточная фенотипическая адаптация к этим условиям.

Для решения этих проблем учебными программами предусматриваются проведение специальных тренировок, в частности, с использованием специальных тренажеров производства ЗАО «ТЭСТ», с помощью которых производится обучение персонала электрических станций (ТЭЦ, ГРЭС, ГЭС, АЭС) и сетевых предприятий (тепловых и электрических).

В номенклатуру оборудования, производимого и поставляемого ЗАО «ТЭСТ» входят всережимные полномасштабные (щитовые) и компьютерные тренажеры, оснащенные развитым учебно-методическим обеспечением, а также автоматизированные учебные курсы по всему парку теплотехнического, электротехнического и водоподготовительного оборудования, изготавливаемого как российскими, так и зарубежными заводами.

Система подготовки персонала с использованием тренажеров ЗАО «ТЭСТ» содержит две ступени:

1. Изучение оборудования и технологических процессов (получение знаний), с помощью специально разработанных компьютерных программ и экзаменаторов;

2. Обучение навыкам ведения штатных, нештатных и аварийных режимов (получение навыков и умений) на специально разработанных тренажерах, адекватно имитирующих как технологические процессы, так и рабочее место оператора.

Такой подход к решению проблемы повышения надежности функционирования персонала, в определенной степени, обеспечивает навыки работы в перечисленных ситуациях (аналогичный подход широко применяется и в других отраслях: при обучении авиадиспетчеров, водителей автотранспорта и некоторых других).

Однако нерешенной проблемой в вопросе подготовки персонала энергетических объектов является объективная количественная оценка физиологического состояния работников энергетических объектов и их способность к работе в чрезвычайных ситуациях, которая зависит от целого ряда факторов внешней среды и внутреннего состояния человека-оператора.

К основным факторам внешней среды относятся физиологические и психологические нагрузки.

К основным физиологическим факторам внешней среды относят такие, как физические нагрузки, вибрация и шум, освещение, влажность и многие другие. К основным психологическим нагрузкам следует относить степень ответственности за принимаемые решения и степень опасности при выполнении работ.

По всем этим параметрам разработаны и действуют соответствующие нормативные документы: стандарты, санитарные нормы и правила, гигиенические нормативы, правила техники безопасности и другие.

Требования этих документов на энергетических объектах, безусловно, выполняются, чем в определенной степени гарантируется безопасность труда оперативного персонала.

Однако при наступлении чрезвычайных ситуаций: пожаре, аварии, катастрофе при их ликвидации условия окружающей среды часто являются опасными для жизни. И, несмотря на это, оперативные работники обязаны принимать правильные решения.

Человеку свойственно ошибаться при любых условиях, как в нормальной рабочей обстановке, так и при чрезвычайных ситуациях.

Изменение вероятности отказов человека в нормальных условиях в течение рабочей смены подчиняется законам термодинамики биологических систем и закону действующих масс.

График изменения вероятности отказов человека в течение рабочей смены представлен на рис. 1.

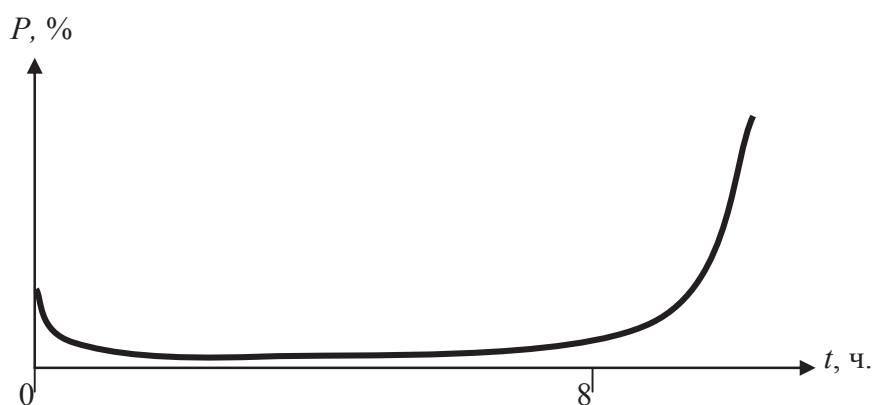


Рис. 1. График зависимости вероятности отказов человека от времени работы

Как видно из графика на рис. 1, в самом начале смены имеется повышенная, но быстро уменьшающаяся вероятность отказов, связанная с необходимостью оперативной фенотипической адаптации к производственной обстановке. Затем на протяжении нескольких часов происходит процесс постепенного накопления утомления и сопряженного с ним увеличения вероятности отказов, который переходит в конечном итоге к значительному утомлению и значительному увеличению вероятности отказов.

Особенностью этих процессов является то, что они являются следствием биохимических реакций, объем ингредиентов которых жестко ограничен, в связи с чем время функционирования организма человека в состояниях бодрствования и сна так же жестко ограничено. Эти функции не имеют способностей к фенотипической адаптации, поэтому человека невозможно в результате тренировок научить жить в ритме, значительно отличающемся от суточного.

Поэтому физиологическое состояние организма человека в значительной степени зависит от того, в какую смену он работает: первую, вторую или третью. Причем периодическое изменение рабочих смен и связанная с этим необходимость оперативной фенотипической адаптации к этим изменениям значительно усугубляет напряженность труда.

Динамика этих процессов и текущее (мгновенное) физиологическое состояние работников энергетических объектов и их способность к работе в чрезвычайных ситуациях могут быть количественно оценены путем определения времени восстановления функциональных сдвигов, вызванных их работой.

В результате проведенного нами анализа процессов фенотипической адаптации работников энергетических объектов и их способность к работе в чрезвычайных ситуациях в результате их обучения и тренировок на тренажерах установлено, что величина реакций (функциональных сдвигов) их организма на те или иные команды либо на необходимость принятия того или иного решения изменяется по закону, близкому к экспоненциальному, представленному на рис. 2, кривая 1.

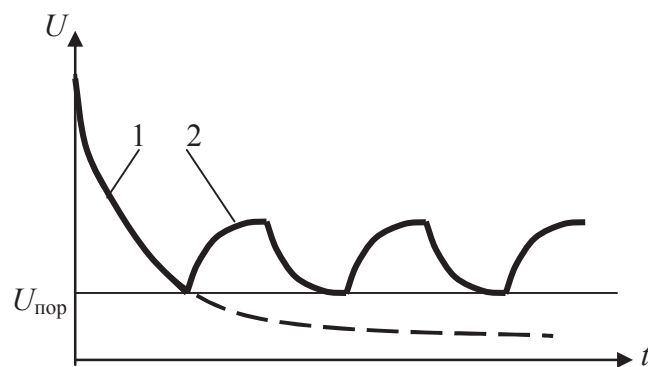


Рис. 2. Изменение функциональных сдвигов U от времени тренировок t

При достижении значения уровня реакций, ниже некоторого критического, при наступлении чрезвычайной ситуации у работников энергетических объектов может не произойти адекватной реакции на эту ситуацию, в результате чего не будут приняты необходимые меры для ее устранения.

При большом перерыве между тренировками выработанная фенотипическая адаптация утрачивается и начинает возвращаться к исходному уровню.

Поэтому тренировки персонала должны иметь периодический характер, в результате которого их фенотипическая адаптация должна находиться вблизи порогового уровня, но не ниже его.

Значение порогового уровня зависит от характера работы и психофизиологического состояния человека и должно определяться персонально. В соответствии с этим должна определяться длительность и периодичность тренировок.

Перечень физиологических параметров, подлежащих контролю, определяется содержанием и условиями работы и, как правило, ограничивается измерениями частоты сердечных сокращений, артериального давления, моторными реакциями на свет и звук и психологическими тестами.

При чрезвычайных ситуациях длительность работы в таких условиях обычно невелика, но требует от людей предельного физического и психологического напряжения.

Поэтому в процессе тренировок должны создаваться такие условия внешней среды, в результате которых благодаря фенотипической

адаптации у личного состава были бы выработаны навыки работы в таких условиях.

На рис. 3 показан процесс изменений функциональных сдвигов в результате фенотипической адаптации к работе в особых условиях.

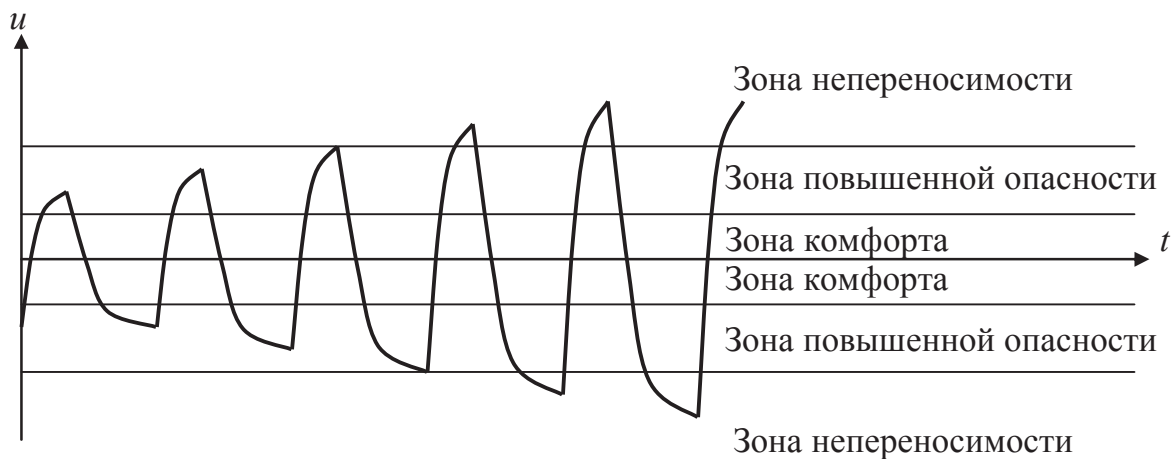


Рис. 3. Процесс изменений функциональных сдвигов в результате фенотипической адаптации к работе в особых условиях

Как видно из рис. 3, при постоянной работе и жизнедеятельности в нормальных условиях для организма человека существует три зоны: зона комфорта, зона повышенной опасности и зона непереносимости.

При этом организм человека в основном функционирует в зоне комфорта и может испытывать незначительные перегрузки в зоне повышенной опасности, практически не влияющие на его здоровье.

Однако при наступлении чрезвычайных ситуаций организм человека должен быть готов к значительным нагрузкам, которые недопустимы при нормальной работе, так как могут угрожать жизни человека.

Выполнение специальных тренировок, направленных на адаптацию организма к возможным перегрузкам при наступлении чрезвычайных ситуаций позволяет значительно увеличить допустимые нагрузки без угрозы жизни и здоровью человека.

График и содержание таких тренировок могут быть разработаны с помощью специальной компьютерной программы «Loqus 2003.1En».

Эта программа по специальному алгоритму рассчитывает характер изменений функциональных сдвигов организма человека при воздействии

различных нагрузок и процесс их восстановления после действия нагрузок, во время отдыха.

Особенностью этой программы является то, что в ней в качестве критерия изменения функциональных сдвигов используется время их восстановления.

Такой подход позволил решить не только проблему объективной качественной оценки воздействия нагрузок на организм человека, но и соизмеримость между собой как различных физиологических параметров, так и различных видов нагрузок.

Применение такой программы при исследованиях воздействия различных нагрузок, особенно в условиях чрезвычайной ситуации, позволяет не только определить оптимальные нагрузки при тренировках и их график, но и определить, какие из испытываемых нагрузок являются наиболее тяжелыми и определяющими работоспособность человека в экстремальных условиях.

Ниже представлен пример расчетов и распределения нагрузок в экстремальной ситуации с помощью этой программы на рис. 4, где показан протокол исследований физиологического состояния рабочего при выполнении работ по ручному разбору завалов в результате прорыва дамбы.

Как видно из рис. 4, при исследованиях измерялись физиологические параметры: пульс, диастолическое и систолическое давления крови и температура тела, а так же психологические параметры (таблицы Шульте).

Измерения проводились до начала работы и после окончания работы.

Длительность работы составляла 60 мин.

Периодичность измерений:

пульс — 5 мин.;

артериальное давление — 15 мин.;

температура тела — 20 мин.

Как видно из протокола, при отдыхе из физиологических параметров условное время восстановления пульса (минимальная эргоемкость) самое короткое — 15,463. Дольше всех (максимальная эргоемкость) восстанавливается артериальное давление 21.649. Психологическая нагрузка (таблицы Шульте «Внимание» и «Стабильность») имеет незначительное время восстановления: 13.402 и 15.463 соответственно.

Loqus 2003.1 En - [Loqus 2003.1 En The protocol of tests]

File

Reg №: 32765409 Surname: Иванов Name: Сергей Sex: М Date of birth: 28.11.92 The order №: 114 Date of reg: 11.02.06

Physiological parameters
Before work

	Puls	ADD	ADS	Tem		
1	60	80	123	36.6		
2	65	78	119	36.6		
3	62	79	121	36.6		
4						
5						
Result	62,333	79	121	36,6		

Ergoemcost

1	2	3	4	5	6	7	8
15	21	21	12	0	0	13	15

Distribution, %

15,463	21,649	21,649	12,371	0	0	13,402	15,463
--------	--------	--------	--------	---	---	--------	--------

Specific Ergoemcost

Working time, mines: 60 Ers: 12.6

Physiological parameters
After work

Period, mines	5	15	15	20		
Initial	145	103	152	37.1		
6	100	90	130	36.8		
7	82	85	128	36.7		
8	70	82	125	36.6		
9	70	80	120			
10		80	120			
11		80	120			
12						
13						
14						
15						

Atten: 13 Stabil: 15

To enter: K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8

The additional information

Исследования при разборе завалов в результате прорыва дамбы
Вид работ: ручная загрузка бетонных блоков массой 120 кг на платформы

Loqus 2003.1.En The main protocol

Status: 20.09.2012 19:17

Рис. 4. Протокол исследований физиологического состояния рабочего при выполнении работ по ручному разбору завалов в результате прорыва дамбы

Значение удельной эргоемкости (12.6), величина которой зависит как от значений эргоемкостей функциональных сдвигов, так и от времени работы, при необходимости позволяет произвести сравнительную количественную оценку различных видов работ между собой.

Таким образом, с помощью компьютерной программы могут быть количественно оценены как общие результаты тренировок, так и отдельные параметры физиологической и психологической подготовки.

Литература:

1. Доброборский Б. С. Безопасность машин и человеческий фактор. Монография. Под редакцией док-ра техн. наук, проф. Волкова С. А. / Б. С. Доброборский. СПбГАСУ. — СПб. 2011. — 114 с.

2. Доброборский Б. С., Кадыскина Е. Н. Способ оценки величины воздействия на организм человека различных нагрузок. Патент РФ № 2519576. 2000. Бюллетень № 33.

3. Музыка Л. П., Магид С. И. Энергобезопасность и современный подход к тренажерной подготовке оперативного персонала. Надежность и безопасность энергетики. № 3. декабрь. 2008.

ОБУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КАК ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ ПОДГОТОВКИ

Гуменюк В. И., Николаева Н. И.
*Санкт-Петербургский государственный университет;
Новгородский государственный университет
имени Ярослава Мудрого*

В современных условиях для подготовки специалистов в области комплексной безопасности в соответствии с требованиями мировых стандартов необходима ломка всей системы предметного обучения, новая концепция, наличие новых учебников, высокотехнологичной материальной базы и т. п. [2].

Профессиональное образование рассматривается как стратегический фактор решения проблем интеллектуализации общества в области комплексной безопасности. Комплексная безопасность — безопасность в условиях совокупного действия различных видов опасности [3]. Раскрытие сущности проблем комплексной безопасности возможно только при актуализации междисциплинарных связей, в результате которой происходит установление ассоциаций между условиями и требованиями междисциплинарной задачи и ранее изученным учебным материалом.

Концепция комплексной безопасности основывается на научных знаниях системы гуманитарных, технических, естественнонаучных и общественных наук. Деление основных типов угроз на природные и техногенные уже не отражает характер большинства проблем безопасности [1]. Научная проблема заключается в необходимости изучения специалистами

воздействия на организм человека поражающих факторов чрезвычайных ситуаций (ЧС) различного характера: механических, химических, радиационных, термических, биологических, физических, психофизиологических и на основе полученных данных — разработки эффективных средств защиты. В современном высокотехнологичном мире нужны системные, проблемно-ориентированные новые технологии обучения. Формами организации процесса обучения по усвоению знаний, умений и навыков комплексной безопасности и предупреждения ЧС являются интегративные формы занятий — лекции, семинары, практические и лабораторные занятия, консультации, конференции, олимпиады и т. д.

Гносеологический (знаниевый) аспект обучения комплексной безопасности базируется на общедидактических принципах: научности, последовательности, системности, связи теории с практикой, наглядности, доступности, дифференцированного, индивидуального, междисциплинарного подхода, мотивации и положительного отношения к процессу обучения.

Аксиологический (ценностный) аспект обучения комплексной безопасности базируется на понимании безопасности, жизни и здоровья человека как приоритетных ценностей.

Праксиологический (деятельностный) аспект обучения комплексной безопасности базируется на *актуализации междисциплинарных связей*, которая способствует *интериоризации*, то есть усвоению междисциплинарных знаний при решении конкретной проблемы комплексной безопасности и предполагает такую организацию процесса обучения, при котором студенты на всех этапах занятия включаются в активную познавательную деятельность, самостоятельно открывают для себя законы, следствия и другие компоненты научного знания: рис. 1.

Используемая нами современная педагогическая технология построена по блочно-модульному принципу, что является удобной формой учебного процесса. Основным преимуществом модулей перед интегрированным курсом является более высокая степень *внутренней* дидактической мобильности, поскольку модуль может использоваться как в *концентрированном*, так и в *распределенном* вариантах [5].

На многих этапах процесса обучения требуется возврат или пересмотр предыдущего решения с целью достижения оптимальных условий

предупреждения ЧС. То есть процесс обучения комплексной безопасности носит циклический характер, что является позитивным свойством модели, обеспечивает полноту структуры процесса междисциплинарной интеграции и отражает его рекурсивную (лат. *recursion* — *возвращение*) природу. При структурировании современной педагогической технологии обучения комплексной безопасности нами за основу взяты философские законы диалектики: изложение материала от простого к сложному; значение перехода количественных изменений в качественные в предупреждении ЧС и профилактике профессиональных заболеваний; учет закона единства и борьбы противоположностей при разработке защитных мероприятий от ЧС и др. Важной дидактической особенностью современной педагогической технологии обучения комплексной безопасности является возможность создания оптимальных организационно-педагогических условий образовательной среды для поискового, исследовательского типа обучения.



Рис. 1. Схема современной технологии обучения комплексной безопасности

На первых этапах обучения бакалавров приемам установления междисциплинарных связей является проблемный и объяснительно-иллюстративный метод с использованием слайд-презентаций. Используя материал междисциплинарного содержания, подготовленный в виде иллюстративных схем на слайдах, преподаватель проблемным вопросом активизирует студентов к правильному решению. Когда у студентов формируются умения работы с материалом междисциплинарного содержания, тогда применяются репродуктивный и частично-поисковый методы (эссе) и творческие междисциплинарные задачи (кейс-анализ).

Обучение анализу условий комплексной безопасности проходит в несколько этапов: выявляют опасности, потенциально присущие данному объекту; дают количественную оценку показателей опасностей и сравнивают их с нормативными значениями; рассчитывают комплексные показатели, характеризующие общее состояние условий безопасности; делают выводы и дают заключение об условиях труда (табл. 1).

Ключевыми техноформирующими средствами на разных уровнях современной педагогической технологии обучения выступают учебно-методические комплексы, обучающие компьютерные программы, Интернет, персональные веб-сайты, мультимедиа, слайд-презентации преподавателей, кейс-анализ, эссе со слайд-презентациями студентов и др.

Отличительной особенностью практических занятий при реализации современной педагогической технологии обучения комплексной безопасности от традиционных занятий состоит в том, что студентами самостоятельно выполняются кейс-задания не на имитационных моделях, а на конкретных рабочих местах. Например, замеры освещенности, электромагнитных полей, микроклимата студенты проводят в аудиториях, в которых сами занимаются, что повышает мотивационную составляющую обучения и качество знаний: табл. 2 [4].

Выводы: предложенная современная педагогическая технология обучения комплексной безопасности позволяет повысить эффективность формирования системы профессиональных знаний в области комплексной безопасности знаний. Обучение комплексной безопасности является приоритетным направлением профессиональной квалификационной подготовки в соответствии с требованиями мировых стандартов.

Таблица 1

**Этапы современной педагогической обучающей технологии
обучения комплексной безопасности**

Этап	Характеристика этапа
Аналитический	Проект гипотетической ЧС. Идентификация опасностей. Анализ ситуации и конкретных причин гипотетической ЧС.
Прогностический	Конструирование гипотетической ЧС. Формулирование конкретных задач. Определение организационно-педагогических условий эффективного решения задачи.
Процессуальный	Решение практических задач (кейс-анализ), реализация проектируемого решения. Инструментальные замеры факторов учебно-производственной среды; оценка тяжести и напряженности труда. Оперативная корректировка неблагоприятных факторов и разработка средств доведения параметров до оптимальных или допустимых значений. Разработка плана оздоровительных мероприятий.
Рефлексивный	Анализ результатов решения поставленной задачи (кейс-анализа). Оценка полученных результатов на основе сопоставления с имеющейся моделью требуемого результата. Составление отчета для обоснования решения новой задачи (кейс-анализа).

Таблица 2

Качество знаний студентов при традиционной и современной педагогической технологии обучения комплексной безопасности

Год	Кол-во тестируемых студентов	Качество знаний ($Q_{уз} = \Sigma N_{факт} / N_{max}$)	Расчеты
1	2	3	4
Традиционная технология обучения (контрольная группа)			
2007	220	0,79 ± 0,09	$\frac{5 \times 2 + 55 \times 3 + 105 \times 4 + 55 \times 5}{220 \times 5} = \frac{870}{1110} = 0,79$
2008	357	0,70 ± 0,01	$\frac{217 \times 3 + 90 \times 4 + 50 \times 5}{375 \times 5} = \frac{1261}{1785} = 0,70$
2009	321	0,72 ± 0,09	$\frac{170 \times 3 + 107 \times 4 + 44 \times 5}{321 \times 5} = \frac{1158}{1605} = 0,72$
2010	544	0,75 ± 0,08	$\frac{210 \times 3 + 245 \times 4 + 89 \times 5}{544 \times 5} = \frac{2055}{2720} = 0,75$

Окончание табл. 2

1	2	3	4		
Современная педагогическая технология обучения комплексной безопасности (экспериментальная группа)					
2007	203	0,88 ± 0,08	$\frac{21 \times 3 + 81 \times 4 + 101 \times 5}{203 \times 5} = \frac{892}{1015} = 0,88$		
2008	332	0,80 ± 0,06	$\frac{79 \times 3 + 134 \times 4 + 119 \times 5}{332 \times 5} = \frac{1328}{1535} = 0,80$		
2009	307	0,81 ± 0,06	$\frac{48 \times 3 + 195 \times 4 + 64 \times 5}{307 \times 5} = \frac{1244}{1535} = 0,81$		
2010	953	0,83 ± 0,14	$\frac{60 \times 3 + 322 \times 4 + 571 \times 5}{953 \times 5} = \frac{4323}{4765} = 0,9$		
Коэффициент успешности ($Y = Q_{\text{эсп.}} : Q_{\text{контр.}}$)					
	$Y_{2007} = 0,88 : 0,79 = 1,11$	$Y_{2008} = 0,80 : 0,7 = 1,14$	$Y_{2009} = 0,81 : 0,72 = 1,13$	$Y_{2010} = 0,9 : 0,72 = 1,20$	

Список литературы:

1. Акимов В. А. Решение проблем безопасности жизнедеятельности как междисциплинарное исследование Актуальные проблемы гражданской защиты. Материалы XI Международной научно-практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. М., 18–20 апреля 2006 г./ МЧС России. — Н. Новгород: Вектор-Тис, 2006. — С. 25–37. — ISBN 5-93126-088-9.

2. Акимов В. А. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера / В. А. Акимов, Ю. Л. Воробьев, М. И. Фалеев и др. Издание 2-е, переработанное — М.: Высшая школа. — 2008. — 592 с. — ISBN 5-06-006082-9; ISBN 978-5-06-006082-9.

3. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Безопасность строительного комплекса. Рук. авт. кол-ва. Н. А. Махутов, О. И. Лобов, К. И. Еремин. — М.: МГОФ «Знание», 2012. — 800 с. — ISBN 978–5–7114–0403–3.

4. Николаева Н. И., Гуменюк В. И. Концептуальная модель качественно новой педагогической технологии формирования профессиональной компетентности в области безопасности на основе междисциплинарного

подхода // Современные проблемы науки и образования. — 2012. — № 6. — ISSN 1817-6321. — URL: <http://www.science-education.ru/106-7344>.

5. Попова Н. В. Междисциплинарная парадигма как основа формирования интегративных компетенций студентов многопрофильного вуза. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора педагогических наук. 13.00.08. СПб. 2012. — 51 с.

НЕЛИНЕЙНЫЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННО-МАГНИТООПТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ И ВОЗМОЖНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ С ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯМИ О ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Гуменюк В. И., Ушаков И. И.

*Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет*

Непрерывное взаимодействие и взаимовлияние философии и физики повышают уровень познания природы, а также свойств и связей материи для развития и сохранения человеческой цивилизации. (Осипова-Дербас Л. В., 2002, Эволюция цивилизации. СПб, Евродом).

По современным представлениям пространство и время являются всеобщими формами существования движущейся материи, то есть материя, движение, время и пространство неотделимы друг от друга и взаимосвязаны. (Бранский В. П., 2003, Философия физики XX века; Итоги и перспективы. СПб., изд. Политехника, стр. 70, самоорганизованное дальное действие).

Нарушение симметрии пространства в слабых взаимодействиях элементарных частиц (P-нечетность относительно пространственных отражений) обосновано первоначально теоретически (Lee T. D., Yang C. N. 1956, Phys. Rev., v. 104 (1), p. 254. Нобелевская премия по физике 1957.) и вскоре подтверждено экспериментально (Wu C. S., Ambler E., Hayward R. W., Hoppes D. D., Hudson R. P., 1957, Phys. Rev., vol. 105(4), p. 1413) методами ядерной физики. В указанных методах для поляризации спинов микрочастиц в образцах, мишенях, а также спинов медленных нейтронов используются сравнительно небольшие по величине напряженности магнитные поля (Абов Ю. Г., Гулько А. Д., Крупчицкий П. А. 1966, Поляризованные

медленные нейтроны, М., Атомиздат. 2002, Абов Ю. Г. Успехи физич. наук, т. 172, № 11, стр. 13-17).

Необходимо отметить, что в спектрополяриметрии и стереохимии хиральных соединений изменения направлений углов естественного вращения плоскости поляризации линейно поляризованного излучения (левое или правое) обусловлены нарушениями зеркальной симметрии в пространственном строении некоторых атомов и молекул. (Ушаков И. И. 1981, Основы оптической и магнитной спектрополяриметрии, Л., изд. ЛТИ).

Разработанная автором экспериментальная техника униполярных импульсных магнитных полей (Ушаков И. И. 1973, Приборы и техника эксперимента № 6, стр. 154; Ушаков И. И. 1976, Авторское свидетельство № 498533, Бюл. изобретений № 1) позволила по сути операционально обнаружить и измерить поляризационно-магнитооптические эффекты с нелинейными нарушениями угловых симметрий пространства-времени (информационно-хронотопологические эффекты), как сопряженных физических величин углов, магнитоэллиптичности (пространство) и амплитуд углов магнитного вращения большой оси магнитоэллипса поляризации (время, как общепринято в эллипсометрии).

В истории науки примерами операциональных открытий являются X-лучи Рентгена, планетарная модель атома Резерфорда, периодические химические реакции Белоусова-Жаботинского и др., которые на период открытий теоретически не были обоснованы.

В стабильных атомах нарушения симметрий пространства-времени исследовались в нашей стране Хрипловичем И. Б., (Хриплович И. Б. 1981, Несохранение четности в атомных явлениях, М., Изд. Наука) и за границей Бушье М.-А, Потье Л. (Бушье М.-А, Потье Л. 1988, Оптические эксперименты и слабые взаимодействия). Этот обзор опубликован в журнале «Успехи физических наук», 1988, Т. 155, № 2, стр. 299-310, где на странице 301 сформулировано обоснование, что «... взаимодействия слабых нейтральных токов нарушают четность, и поэтому следует ожидать нарушений четности также и в стабильных атомах». В указанной монографии Хрипловича И. Б. на стр. 4 аннотации, также подтверждены возможности физических исследований слабых взаимодействий оптическими методами.

Последующие также операциональные исследования с использованием дополнительного магнитоэллиптического модулятора (с четверть-волновой кристаллической кварцевой пластинкой в металлическом экране между импульсным соленоидом модулятора и основным) позволили измерять в такой сдвоенной фарадеевской ячейке указанные физические величины при минимальных значениях напряженности магнитных полей и даже при изменении их знака (направления), то есть при перевороте спинов микрочастиц всех иерархических уровней. Угловые величины пространства-времени в таких условиях переполюсовки одного из магнитных полей принимают максимальные значения, что возможно, соответствует наибольшим перепадам энергии даже с обострением при учете самодействия внутринуклонных микрочастиц. Длительность импульсов тока 200-3800 мксек. Наглядными образами в таких условиях могут быть известные ЭДС самоиндукции и экстратоки размыкания при отключении электроисточников в электрических сетях.

Нелинейные с обострением увеличения некоторых измеряемых величин углов пространства-времени при изменении полярности одного из магнитных полей на нашей модели теоретически можно объяснить еще самодействием скалярных полей Хиггса (см. 1983, Физический энциклопедический словарь, М., с. 238, 837).

С позиций физики и философии подобия (Федосин С. П., 1999, Физика и философия подобия от преонов до метagalactic, Пермь; Сиротенко Б. М. О подобиях микро- и макромира, 1990, Л., Гидрометеиздат), а также физики как философии природы (Захаров А. Д. 2002, Физика как философия природы, М. изд. Наука), блок-схема такого прибора (сдвоенная фарадеевская ячейка с оптическим компенсатором между магнитами) может быть физической моделью для исследования солнечно-земных взаимодействий, рис. 1.

Надежность и точность рассматриваемых экспериментальных измерений в импульсных магнитных полях проверены общественной практикой путем внедрения в учебный процесс при выполнении студентами лабораторных работ, а также курсовых и дипломных проектов.

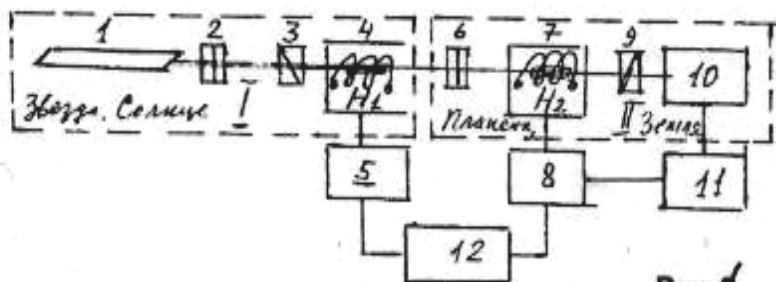


Рис. 1. Блок-схема макета прибора для исследования
солнечно-земных взаимодействий

- 1 — ОКГ (оптич. квант. генератор), 2 — ОК1 (оптич. компенсатор),
3 — поляризатор, 4 — модулирующий имп. соленоид,
5 — ГИТ1 (генератор импульсов тока), 6 — ОК2, 7 — основн. имп. соленоид,
8 — ГИТ2, 9-А (анализатор), 10 — (фотоприемник), 11 — источ. эл. питания,
12 — блок управления

В рабочем объеме импульсных соленоидов (с соответствующими металлическими экранами) число частиц исследуемых веществ вполне достаточно для самоорганизации. Изотропные, прозрачные, диамагнитные образцы имеют комнатную температуру и содержат стабильные, четно-четные атомные ядра кремния, кислорода, углерода, которые включают одинаковое число протонов «р» и нейтронов «n». Лазер 1 мощностью 0.5 мВт.

Магнитные поля воздействуют в первую очередь на процессы пространственного квантования спинов и на энергетические уровни любых микрочастиц всех иерархий в атомах, их ядрах содержащих нуклоны с соответствующими кварками и глюонами. Все они задействованы в трех фундаментальных взаимодействиях: сильном (радиус действия десять в минус тринадцатой степени сантиметра), слабом (радиус действия почти на три порядка меньше) и электромагнитном (дальнодействующее). Поэтому в магнитных полях происходит своеобразная пространственно-временная модуляция любого электромагнитного излучения (в том числе и лазерного) детерминированным квантовым хаосом в соленоиде модулятора Н₁,4 (подобно поляризации магнитными полями пучков нейтронов).

Такое излучение после своеобразного физического взаимодействия вследствие фундаментального двулучепреломления в ОК, 6 (разность хода

Δ между намагниченными по Фарадею обыкновенной n_0 и необыкновенной n_e составляющими в оптическом компенсаторе толщиной d , $\Delta = 2\pi / \lambda (n_0 - n_e) \cdot d$, синхронно поступает на исследуемое вещество в магнитном поле основного соленоида, H_z , 7. Сложнейшее информационно-физическое взаимодействие по причине изменчивости и становления в этом веществе двух детерминированных магнитными полями хаотических сигналов, как квантовых состояний, и образуют при самоорганизации в исследуемых веществах или в природе пространственно-временные физические структуры с измеряемыми углами до (непосредственные измерения на входе ячейки — пространство) и после оптического компенсатора (непосредственные измерения на выходе этой ячейки — время). Такие чрезвычайные результаты проявления поляризационно-магнитооптических эффектов под воздействием двух магнитных полей также соответствуют теории и физики квантовой информации (Менский М. Б. 2004, Квантовые измерения и декогеренция, М., Физматлит.) с учетом нелинейной динамики и квантовой запутанности (Доронин С. И. 2007, Квантовая магия. СПб., изд. «Весь»).

Собственно, подобные физические структуры квантово-информационно управляют энергетическими процессами на микро, макро, глобальных и космических уровнях (Чернуха В. В. 2008, Поляризационная теория Мироздания. М.: Атомиздат, с. 37, п. Г2.). По современным теоретическим представлениям закономерности природы, установленные в лабораторных экспериментах, остаются верными для всей Вселенной.

В нашем случае экспериментально измеряются уже не спонтанные нарушения симметрий пространства-времени, а четко детерминированные магнитными полями нарушения угловых симметрий пространства-времени при переполюсовках магнитных полей. Для подтверждения необходимо было исследовать особенности взаимодействия с органическим стеклом (ПММА) лазерного излучения различных видов поляризации (линейно поляризованного, эллиптической и магнитоэллиптической поляризации) при воздействии на этот образец импульсов магнитного поля различной напряженности и положительной ориентации (рис. 2).

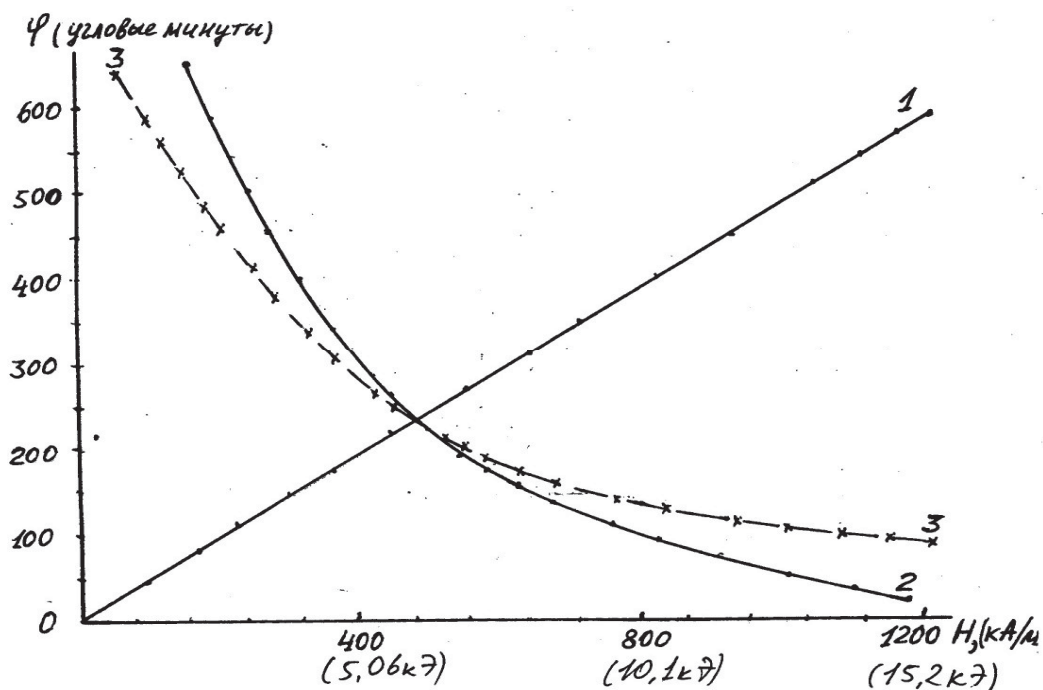


Рис. 2. Измерение, в органическом стекле, эффекта Фарадея «ф» (угловые минуты, ось ординат, при левом — график 2, и правом — график 3 — направления магнитоэллиптической модуляции ± 225 угловых минут, а также линейной и обычной эллиптической поляризациях противоположных направлений ± 225 угловых минут — график 1) в зависимости от величины напряженности импульсов магнитного поля основного соленоида H_2 , модель магнитного поля Земли (в кЭ, ось абсцисс)

Так, при одинаковом механическом повороте поляризатора 3 или плоскости поляризации света оптически активным веществом вправо или влево от нулевого положения до ОК 6 (см. рис. 2) на ± 225 угловых минут на исследуемый образец, уже после ОК 6 вместо линейно поляризованного излучения поступает эллиптически поляризованное излучение различной величины и знака (различной симметрии) в соответствии с известными измерениями, но ориентация азимута большой оси эллипса поляризации на выходе ОК 6 остается практически в неизменном положении (проверено экспериментально). Для линейно поляризованного излучения и обычной эллиптической поляризации противоположных знаков величиной (225 ± 1) угловых минут эффект Фарадея в указанном образце из оргстекла

при линейном увеличении напряженности магнитного поля изменяется линейно (график 1, рис. 2).

Затем до оптического компенсатора проводилась магнитоэллиптическая модуляция (намагничивание по Фарадею) посредством магнитного вращения плоскости поляризации вправо или влево от нулевого положения на одинаковую величину (225 ± 1) угл. минут при напряженности магнитного поля $H_1 = 5,71$ кЭ в модулирующем соленоиде с кварцевым стеклом синхронно с импульсами магнитного поля основного соленоида H_2 линейно возрастающей напряженности в рабочем объеме которого находился исследуемый образец оргстекла. Тогда на выходе магнитооптической ячейки из H_1 и H_2 измеряли значительные и нелинейные изменения величин углов магнитного вращения большой оси магнитоэллиптически поляризованного излучения (рис. 2, график 2 для правой МЭП и график 3 для левой МЭЛ, информационно-хронотопологические эффекты). Причем в области малых величин напряженности импульсов магнитного поля основного соленоида ($H_2 < 4,3$ кЭ) величина угла поворота большой оси магнитоэллипса поляризации нелинейно увеличивается и в несколько раз превышает величину обычного эффекта Фарадея при линейной или обычной эллиптической поляризации (рис. 2, график 1). Это может быть обусловлено не сохранением углов пространственно-временной симметрии и самодействием микрочастиц (Физический энциклопедический словарь, 1983, М., с. 238, 369, 837) вещества под влиянием магнитных полей, когда измеряемая величина угла поворота большой оси магнитоэллипса оказывается значительно увеличенной (более чем в 10 раз) даже при уменьшении напряженности магнитного поля H_2 (рис. 2, графики 2, 3) (Подобие LS - режима синергетики с обострением, возможно с повышением температуры).

Для правой модулирующей магнитоэллиптической поляризации (график 2) измеряемые углы оказываются значительно больше, чем для левой МЭЛ (график 3) вплоть до напряженности 5,71 кЭ, когда измеряемые углы равны (232 ± 1) для противоположных направлений модулирующей магнитоэллиптической поляризации. В последующем величина углов фарадеевского вращения магнитоэллиптически поляризованного излучения правого и левого знаков нелинейно уменьшается с увеличением

напряженности H_2 импульсов магнитного поля, но уже измеряемые углы с левой МЭЛ- (график 3) по абсолютной величине больше, чем для правой МЭП+ (график 2) при напряженности магнитного поля $H_2 > 5,71 \text{ кЭ}$ (Подобие HS – режима синергетики, возможно с понижением температуры).

Для моделирования солнечно-земных взаимодействий (рис. 2) измеренный поляризационно-магнитооптический эффект (рис. 2, графики 2, 3) наиболее приемлем. Магнит 4 моделирует магнитное поле Солнца, а магнит 7 моделирует воздействие магнитного поля Земли.

Экспериментально обнаружен и измерен неизвестный ранее нелинейный поляризационно — магнитооптический эффект в сдвоенной фарадеевской ячейке с оптическим компенсатором 6 между магнитами 4 (модулирующим) и 7 (основным), заключающийся в том, что при одинаковых величинах и противоположных по направлениям углах поворотов магнитоэллиптической модуляции 4 до ОК 6 в исследуемом высокомолекулярном веществе из стабильных атомов в основном солениоиде 7 после ОК 6 измеряются различные по величине нелинейные временные угловые структуры фарадеевского вращения (асимметричные, равносимметричные и антиасимметричные) при линейном изменении величин напряженности магнитного поля 7 положительного направления, воздействующих на это вещество, которые даже увеличиваются с уменьшением напряженности магнитного поля 7 (см. рис. 2). (В данных экспериментах также сохраняются все характеристики такого эффекта при ослаблении магнитооптического излучения в 10, 100 и 1000 раз нейтральными светофильтрами).

Исследуемые эффекты опубликованы также в журнале АН СССР «Высокомолекулярные соединения», 1989, серия А, т. 31, № 3, стр. 662-666 и в других изданиях.

Переходы линейных физических величин (магнитных полей, причина) в нелинейные угловые зависимости (следствие) в нелинейных динамических процессах спиновой динамики и синергетики, подтверждают также философскую проблему нарушений причинно-следственных связей в некоторых условиях впервые исследованных Н. А. Козыревым (Козырев Н. А., 1991, Избранные труды, Л., изд. ЛГУ). Асимметрия времени, по мнению Н. А. Козырева, может представлять могучий источник энергии в «асимметричной механике, так как причинно-следственные изменения

происходят не только во времени, но и с помощью времени», во взаимосвязи с пространственными структурами.

Наземными и космическими исследованиями установлено, что наше Солнце является сложной, пульсирующей, нелинейной, динамической системой, которая генерирует магнитные поля различной величины и знака. Фактически все земное, и человеческое общество в том числе, пульсирует в ритме Солнца, если реально учитывать квантово-информационные особенности фундаментальных взаимодействий в сложной иерархической структуре от внутринуклонных процессов до человеческого общества и психики человека. Такой универсальный закон действует не только в космосе, но и в живой материи, как установлено Чижевским А. Л. (Чижевский А. Л. 1976, Земное эхо солнечных бурь, М., изд. Мысль.).

Угловые величины пространства-времени при минимальных значениях магнитных полей или в условиях *переплюсовки* одного из них принимают аномально максимальные значения, что возможно соответствует значительным перепадам энергии даже с обострением при учете самодействия микрочастиц. (Пол Д. 2009, Проект Вселенной (Новые открытия творческой способности природы к самоорганизации), стр. 167, превосходящие известные законы физики, М.).

Отличительная особенность наших методов исследования эффекта Фарадея заключается в применении экспериментальной техники униполярных импульсных магнитных полей. Это имеет очевидные преимущества не только в энергетическом отношении за счет скважности импульсных процессов по сравнению с электромагнитами постоянного или переменного тока, но и позволяет проводить исследования при регулируемом линейном изменении напряженности импульсов магнитного поля такой величины, которые в известных режимах получить принципиально невозможно. Учитывая практическую безинерционность фарадеевского вращения магнитное поле фактически необходимо только на время проявления и регистрации эффекта, а в остальное время энергия на поддержание магнитного поля расходуется бесполезно. Реализация таких способов исследования целого комплекса магнитооптических эффектов позволяет в тысячу раз меньше расходовать электроэнергию. Соответственно уменьшаются габариты, вес и стоимость используемой аппаратуры, которая может быть

размещена в подвижных устройствах на земле, на море и в космосе. Хорошее соотношение полезного сигнала к шуму позволяет автоматизировать весь процесс комплексных измерений.

12 марта 1832 года Фарадей М. написал письмо для хранения в запечатанном виде в архивах Королевского Общества сроком на 100 лет, в котором особо отмечено: «... я хочу передать это письмо на хранение Королевскому Обществу, закрепить за собой определенной датой и таким образом иметь право, в случае экспериментального подтверждения, объявить эту дату датой моего открытия».

В связи с этим закрытым письмом М. Фарадея необходимо отметить, что оно развивает гениальное предположение Джордано Бруно (Джордано Бруно, 1949, Диалоги. М., Политиздат) о самодвижении частиц света. Однако, отметил М. Фарадей «...я намерен приложить теорию колебаний к магнитным явлениям, как это сделано по отношению к звуку и является наиболее вероятным объяснением световых явлений» (1938, Известия АН СССР, отделение техническое, № 5, с. 132, перевод). Поэтому проходящий через вещество в магнитном поле магнитоэллиптически-поляризованный свет (измеренное физическое воздействие) может переносить дальнедействующее нелинейное магнитооптическое, магнитоэллиптически-поляризованное воздействие на любое вещество в другом магнитном поле (Бранский В. П., стр. 70, самоорганизованное дальнедействие). Применение нейтральных светофильтров для ослабления этого намагниченного света в 10, 100 и 1000 раз, не влияет на величину нелинейных поляризационно-магнитооптических эффектов.

На основании вышеизложенного можно сформулировать отличительные признаки теоретической научной идеи М. Фарадея о переносе магнитоэллиптически поляризованным излучением (измеренное физическое воздействие) от веществ из стабильных атомов в магнитном поле дальнедействующего нелинейного воздействия по лучу на любое вещество, находящемся в другом магнитном поле, и в этих веществах измеряются значительные по величине нелинейные нарушения величин угловых симметрий пространства-времени (различных структур) даже с обострением аномально увеличивающихся при линейном уменьшении или изменении полярности одного из магнитных полей, которые не изменяют своей

формы и отличительных признаков при ослаблении магнитооптического излучения в 10, 100 и 1000 раз нейтральными светофильтрами. Измеренные нелинейные поляризационно-магнитооптические эффекты показывают, что в реальной природе энергетические процессы в атмосфере Земли детерминировано зависят не только от вариаций магнитных полей Земли, но и от их соотношений с магнитным полем Солнца, а также пространственной ориентацией магнитных полей Солнца и Земли [Кузнецов В. Д., Солнечно-земная физика и ее приложения, УФН, т. 182, № 3, с. 327, 2012].

В подтверждение предсказанные М. Фарадеем нелинейные поляризационно-магнитооптические (информационно-хронотопологические) эффекты могут применяться при исследовании проблем влияния вариаций магнитного поля на перенос оптического излучения в земной атмосфере и в околоземном космическом пространстве (Мун Р., Кальво Ф., Гринев К. А., Ивлев Л. С., Терехин Н. Ю., Васильев В. В. 2008, Лазерные исследования влияния вариаций напряженности магнитного поля на перенос излучения в атмосфере. Лазерные исследования в Санкт-Петербургском университете. Вып. 5, с. 104-107). Эффекты изменения свойств среды, сказывающихся на ее оптических характеристиках при воздействии магнитного поля, обнаружены М. П. Чайкой в 60-70 гг. прошлого столетия (Чайка М. П. 1971, Скрытые выстраивания возбужденных атомов при изотропном возбуждении. Оптика и спектроскопия, Т. 30, вып. 5, с. 822-829). Под ее руководством автор заявки по нелинейным поляризационно-магнитооптическим эффектам выполнял в 1965 году выпускную дипломную работу по исследованию эффекта Фарадея некоторых диамагнитных веществ в униполярных импульсных магнитных полях.

Все изложенное согласуется с современными философскими взглядами (см. например, Степин В. С., 2011, История и философия науки, М., Академический проект, стр. 381), где космическая эволюция в качестве источника использует нарушения симметрий, в которых нарушения симметрий пространства-времени намагниченным светом могут определять всевозможные энергетические процессы во Вселенной с предельными положительными (в коронах звезд) и отрицательными температурами (в межпланетном и межзвездном космических пространствах). Фактически, нелинейные поляризационно-магнитооптические эффекты открыты и

измерены с помощью применения традиционного оптического компенсатора 4 и представляются существенно энергетическими, скрытыми пространственно-временными структурами света (Лиза Рэндалл, 2011, Проникая в тайны скрытых размерностей..., М. изд. URSS, 397 стр.). Общая стоимость всего комплекса приборов в макете (рис.1) для моделирования и исследования солнечно-земных взаимодействий с нелинейными пространственно-временными структурами света несравненно дешевле и экономичнее современных ускорителей, например, типа БАК в ЦЕРНЕ и другие. В сложных открытых самоорганизующихся системах особую роль выполняют несиловые взаимодействия, основанные на кооперативно-информационных эффектах. Примером может быть факт недавнего аномально резкого похолодания 10-15 февраля 2012 года на незамерзающем Черном море у берегов Крыма, когда даже ледоколы не могли освободить из ледового плена морские суда. При этом также следует указать на факты «локальных потопов» со значительными жертвами и колоссальными разрушениями в Краснодарском крае (Крымск и др.) в июле этого же года. Магнитооптические эффекты обладают универсальной природой, практически безинерционны, измеряются на различных длинах волн от рентгеновского до радиодиапазона, в различных агрегатных состояниях веществ (твердом, жидком, газообразном и плазменном, например, в разреженной ионизированной короне Солнца) (Лейкин Г. А., 1953, Доклады АН СССР, т. 88, № 1, с. 33-36. О причине высокой температуры солнечной короны и влиянии межзвездного магнитного поля на звезды). Особое значение магнитных полей в энергетических процессах в короне Солнца отмечалось Шкловским И. С. (1946, УФН, т. 30, с. 63), которые возможно обусловлены и нелинейными взаимодействиями намагниченных квантов света с учетом нарушений угловых симметрий пространства-времени. В истории Земли уже зафиксированы в пробах Антарктиды аномальные повышения уровня мирового океана в прошлом на сотни метров (факты всемирного потопы). А в нашей стране даже в настоящее время находят замороженные образцы мамонтов (факты глобального оледенения). При комплексном физическом моделировании нелинейных поляризационно-магнитооптических эффектов с учетом солнечно-земных и звездно-планетных взаимодействий аномальные угрозы для сохранения нашей

цивилизации могут быть своевременно предсказаны [Гуменюк В. И., Ушаков И. И. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций при моделировании нелинейных солнечно-земных взаимодействий. Труды 10 научно-практической конференции «Проблемы прогнозирования чрезвычайных ситуаций», М., с. 33-35, октябрь 2010]. Для подтверждения изложенного рассматривается и анализируется с позиций универсальной эволюции экспериментальные измерения на указанной модели.

Учитывая кризисные состояния энергетики и экологии I Международный конгресс по безопасности человечества (Москва, 14-17 ноября 2011) обязывает каждого жителя планеты Земля бережно относиться к природе и к экспериментальным исследованиям при моделировании.

В заключение целесообразно привести для критических ситуаций весомую мысль Галилео Галилея: «В вопросах науки авторитет тысячи не стоит самых простейших доводов одного».

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СТАБИЛЬНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗНОРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Егоров М. С.

*Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет*

Исчерпаемости традиционных источников энергии ставит задачу поиска дополнительных ресурсов для будущего обеспечения энергосистемы. Вместе с тем, необходимо использовать новые источники энергии в той энергосистеме, которая существует на данный момент и использует невозобновляемые источники энергии.

Таким образом, возникает задача разработки системы совместного использования как новых источников энергии (в данном случае ими могут стать возобновляемые источники энергии) так и исчерпаемых.

За основную функцию системы оп управлению разнородными (возобновляемыми и невозобновляемыми) источниками энергии регионального уровня примем обеспечение требуемых показателей эффективности управления разнородными источниками энергии на заданной территории.

Наиболее приоритетными направлениями должны быть диспетчеризация, мониторинг, прогнозирование, генерация энергии.

Поэтому функциями системы по управлению разнородными источниками энергии могут быть мероприятия по сбору, обработке, выдачи информации в генерации энергии, осуществление мониторинга, выявление дефицита энергии в регионе.

Таковыми мероприятиями могут быть:

- профилактика появления негативных факторов (явлений) в энергосистеме региона;
- повышение устойчивости функционирования организаций энергокомплекса, а также объектов социального назначения в условиях повышенной нагрузки на энергосистему;
- предупреждение возникновения дефицита энергии;
- организация своевременного задействования разнородных типов генерации энергии;
- осуществление мероприятий по диспетчеризации и распределению энергии между потребителями;
- повышение устойчивости режимных объектов при возникновении перебоев энергообеспечения.

Организация и проведение данных мероприятий является одним из факторов повышения надежности функционирования системы энергообеспечения с использованием разнородных источников энергии.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И НАДЕЖНОСТЬ КАК БАЗОВОЕ СВОЙСТВО САМОРЕГУЛИРУЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ

Козлов В. Н., Грызунов В. В., Грызунова И. В.
*Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет*

Технологический прогресс в современном обществе приобретает двойственный характер. С одной стороны развитие человечества невозможно без техники, а с другой — технические системы создают угрозы для жизни людей. В настоящее время ущерб от техногенных катастроф

соизмерим, а нередко и превышает негативные последствия от природных катаклизмов. Увеличивающаяся сложность современных автоматизированных технических устройств; возрастающая ответственность функций, которые они выполняют, предопределяет повышение требований к человеку и условиям его работы. Но не всегда психологические и психофизиологические характеристики индивидуума соответствуют уровню сложности решаемых задач или проблем. Некоторые исследователи полагают, что около 16-25 % практически здоровых людей не в состоянии освоить целый ряд различных по сложности профессий из-за возникающих у них признаков перенапряжения регуляторных систем. Поэтому человеческому фактору придается важное значение при анализе причин несчастных случаев, трагедий, катастроф. Формализация «человеческого фактора» позволяет получить весьма впечатляющие данные. Этим фактором обуславливаются более 40 % автодорожных происшествий, 65 % производственных травм при угледобыче в глубоких шахтах, 80-90 % нарушений работы тепловых станций связано с ним. Около 50 % авиационных катастроф происходит из-за несоответствия конструктивных особенностей самолета психофизиологическим возможностям человека, недостаточностью летных качеств пилота, нарушений функционального состояния организма, низкой психологической готовности в полете. Увеличение числа автотранспортных средств, расширение круга решаемых задач в автоматизированных системах современных автомобилей привело к парадоксальному феномену. Если 30 лет назад по сведениям ООН в автомобильных катастрофах погибло более 250 000 человек и около 7 млн. — получали травмы, то уже в 2008 г. эксперты ВОЗ в «Докладе о состоянии безопасности дорожного движения в мире» на основе стандартизированного исследования отмечают, что ежегодно более 1,2 млн. человек гибнут в ДТП, а 20-50 млн. — травмируются. В 72-80 % случаев автоаварии случаются по вине человека. Морские и речные суда сталкиваются, тонут, садятся на мель в 63 % случаев из-за ошибок людей. Поэтому с середины прошлого столетия непрерывно возрастает интерес специалистов к проблеме надежного функционирования организма в постоянно меняющихся условиях внешней среды.

И если для оценки надежности технических конструкций используются разнообразные количественные критерии, основанные на вероятности безотказной работы устройства в конкретных условиях за определенный интервал времени, то для живых систем эта проблема еще окончательно не решена. Ибо надежность связана с адаптивными процессами, которые произошли, происходят в данный момент времени, но еще будут происходить на протяжении длительного периода. В этом отношении это своего рода взгляд в «будущее», что неразрывно связано с прогнозированием.

Поэтому надежность в живой системе выступает не только как показатель результативности ее функционирования, но и как фактор, лежащий в основе ее организации. Можно полагать, что надежность отражает свойство живой системы, поэтому вероятностный анализ, являющейся оценкой данного свойства организма, не совсем корректен. И логико-вероятностные методы оценки надежности технических устройств обладают существенными ограничениями для живых систем, которые можно представить в виде структурно-функциональной схемы, описывающей взаимодействия между функциональными подсистемами $(z_1; z_2; z_3; z_4)$, функциональными системами $(a_1; a_2; a_3; a_4; a_5)$, формирующими доминирующую функциональную систему (F_t) , конечной целью которой является достижение полезного результата (N_t) в данный момент времени (t) и определяющей надежность функциональной целостности системы (рис. 1). В представленной схеме можно выделить три уровня организации. Первый уровень связан с взаимосвязанными элементами (z_1, \dots, z_n) подсистемы, которые формируют взаимосоподчиненные функциональные системы в конкретный момент времени (a_1, \dots, a_n) , на базе которых организуется доминирующая функциональная система (F_t) , составляющая третий уровень, направленная на достижение конечного полезного результата (N_t) как системообразующего фактора. И надежность (Ω) работы каждого из элементов определяет Ω всей системы в целом и наоборот, что позволяет говорить о саморегуляции по надежности на основе принципа обратной связи.

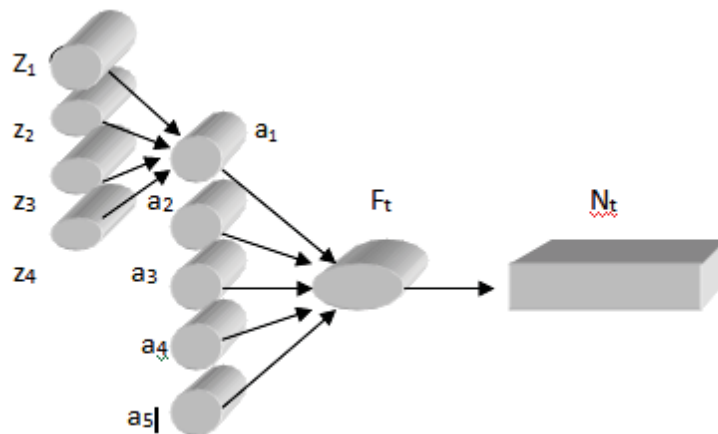


Рис. 1. Структурно-функциональная схема организации системы

В самом общем виде $\Omega_{ai} = \sum(z_1, \dots, z_n)$, а $\Omega_{Ft} = \sum(a_1, \dots, a_n)$, позволяющих описывать параметры событий, отражающих фактическое состояние системы в пространстве координат или траектории в каждый момент времени (t).

Базовым принципом является положение о том, что порождение любых новых свойств в развивающейся системе обусловлено и подчиняется определенным внешним и внутренним закономерностям. Внешние закономерности организации развития живой системы обусловлены ее взаимодействием с окружающей средой и направлены на достижение конечного полезного результата. Внутренние — относятся к самой функциональной системе и охватывают изменения в ее структуре и функциях, а также выступают в виде существенных связей и отношений, устойчивых реакций, выражающих последовательность происходящих внутрисистемных изменений, определяющих самоорганизацию по надежности. Таким образом, в процессе регулирования организма можно выделить две иерархически соподчиненные и взаимодействующие саморегулируемые системы в каждый конкретный момент времени:

- саморегулируемые системы, в которых системообразующим фактором выступает конечный полезный результат, обеспечивающий адаптивность организма к постоянно меняющимся условиям внешней среды;

- саморегулируемые функциональные системы, в которых обеспечение надежности функционирования организма как целостной системы является основой их организации в процессе адаптации.

Поэтому для оценки эффективности регулирования целесообразно учитывать не статистическую норму реакции, а динамическую — позволяющую количественно охарактеризовать надежность адаптивных механизмов при достижении конечного полезного результата.

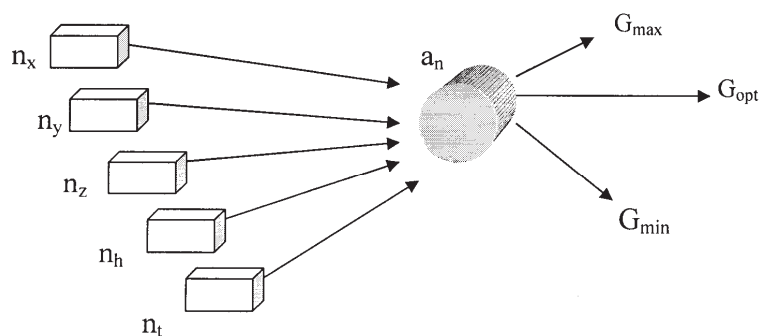


Рис. 2. Структурная схема дискретной многошаговой операции

В организацию саморегулирующей системы (a_n) могут входить n – элементов, которые обеспечивают ее надежность, а также выраженность ответной реакции ($G_{max}; G_{min}; G_{opt}$), которые формируют детерминированную и альтернативную дискретные многошаговые процедуры на основе принципа обратной связи. В срочном периоде адаптации преобладают детерминированные операции, стремящиеся к избыточной норме реакции (G_{max}) в течение определенного промежутка времени. На переходном этапе преобладают альтернативные операции, обуславливающие появление дивергирующих структур, представленных в виде дерева логических возможностей, и направленных на поиск оптимального ответа (G_{opt}) в данный момент времени. Чрезмерное или длительное воздействие патогенного агента приводит истощению функциональных возможностей

и гипофункции организма (G_{\min}). Траектория функционирования дивергирующих структур является основой формирования пространства состояний регуляции надежности, и могут быть представлены в виде:

$$\Omega_n(t) = f_n \left\{ (z_1(t), \dots, z_n(t)) (a_1(t), \dots, a_n(t)) F_{n(t)} \right\}.$$

Таким образом, «ветвящиеся» траектории функционирования дивергирующих структур позволяют сформировать пространства состояний регуляции, определяющих надежность функционирования системы.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ В СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗАПРЕЩЕННЫХ ВЛОЖЕНИЙ

Морокина Г. С., Хирви А. П.

*Санкт-Петербургский национальный
минерально-сырьевой университет «Горный»*

В настоящее время источники высокоэнергетического излучения применяются в системах досмотра и безопасности. Особенностью применения источников высокоэнергетического ионизирующего излучения в системах безопасности является возможность сканирования объекта контроля «бегущим» лучом, что позволяет снизить дозу воздействия на объект контроля до минимума. Суммарная дозовая нагрузка на контролируемый объект меняется существенно от вида исследования и длительности проведения сканирования объекта. Основными мерами снижения дозовой нагрузки является [1-2]: 1) минимизация расстоянием, 2) применение фильтров, отсекающих «мягкую» и «жесткую» компоненту бегущего луча, 3) правильный выбор чувствительности детектора, 4) высокое разрешение экрана визуализации изображения, 5) применение программного обеспечения для построения изображения и проведения экспертизы. Существующие системы рентгеновского досмотра применяют как генераторы рентгеновского изображения, так и изотопные источники ионизирующего

излучения, основанные на регистрации прямого и обратного излучения. Контроль прямым пучком не позволяет выявлять взрывчатые вещества на основе пластидов. Однако, проведение контроля опасных вложений методом обратного рассеяния, основанном на Комптоновском эффекте, дополняет классические рентгеновские системы досмотра и повышает эффективность контроля. Применение установок ИДК для контроля протяженных объектов, позволяет проводить контроль в потоке с цифровой обработкой данных и передачей их на расстояние. Эффективность и безопасность персонала обеспечивается правильной организацией рабочего места при проведении контроля [3].

Список литературы:

1. *Морокина Г. С.* Методы и средства досмотрового рентгеновского контроля: Учебное пособие / Г. С. Морокина. — СПб: Изд-во СЗТУ, 2009. — 222 с.

2. *Морокина Г. С.* Методы и приборы таможенного контроля делящихся и радиоактивных материалов: УМК / Г. С. Морокина. — Санкт-Петербург.: Изд-во СЗТУ, 2008. — 246 с.

3. *Kalashnikov S. A.* About measurement of impulse x-ray radiation: ANRI/Kalashnikov S. A. — 2001, № 1. — 24 p.

УКАЗАТЕЛЬ УЧАСТНИКОВ КОНФЕРЕНЦИИ

СЕКЦИЯ 6

Технологии комплексной безопасности.....	4
ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ ГАЗА НА СУХОПУТНОМ МАГИСТРАЛЬНОМ ГАЗОПРОВОДЕ	
АБРАМЕНКО К. Г., ЯКОВЛЕВ В. В.....	4
СИСТЕМА ПЕННОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ «STALT-FIREFLEX»	
АТОЯН Г. Л., ГУМЕНЮК В. И.....	9
ИДЕНТИФИКАЦИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ, ОБРАЩАЮЩИХСЯ В ПОМЕЩЕНИЯХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ	
ГЛОТОВА К. В.	16
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ	
ГЛОТОВА К. В.	22
РИСКИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРЭС	
ГЛОТОВА К. В.	27
ОПТИМИЗАЦИИ СИЛ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТАМИ	
ГОРБАЧЕВА А. А.....	33
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ НАДЕЖНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОРГАНИЗМА	
ГРЫЗУНОВ В. В., ГРЫЗУНОВА И. В.....	36
НОВЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ДЕЙСТВИЯМ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ	
ГУМЕНЮК В. И., ДОБРОБОРСКИЙ Б. С., ФЕДОСОВСКИЙ М. Е.	41
ОБУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КАК ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ ПОДГОТОВКИ	
ГУМЕНЮК В. И., НИКОЛАЕВА Н. И.....	49

**НЕЛИНЕЙНЫЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННО-МАГНИТООПТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ И
ВОЗМОЖНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ С ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯМИ О
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

Гуменюк В. И., Ушаков И. И. 55

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СТАБИЛЬНОГО
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗНОРОДНЫХ
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

Егоров М. С. 67

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И НАДЕЖНОСТЬ КАК БАЗОВОЕ СВОЙСТВО
САМОРЕГУЛИРУЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ**

Козлов В. Н., Грызунов В. В., Грызунова И. В. 68

**ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ В
СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗАПРЕЩЕННЫХ ВЛОЖЕНИЙ**

Морокина Г. С., Хирви А. П. 73

ВЫСОКИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ
В НАЦИОНАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
УНИВЕРСИТЕТАХ

*Материалы Международной
научно-методической конференции*

28 февраля – 1 марта 2013 года

Том 4

Технологии комплексной безопасности

Ответственный за выпуск П.И. Романов

Лицензия ЛР № 020593 от 07.08.97

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т. 2; 95 3004 – научная и производственная литература

Подписано в печать

Формат 60x84/16

Усл. печ. л.

Уч.-изд. Л

Тираж

Заказ

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного НМЦ УМО СПбГПУ,
в Цифровом типографском центре Издательства Политехнического университета.
195251, Санкт-Петербург, Политехническая, 29.

Тел.: (812) 294-21-65

Тел./факс: (812) 294-21-65