

УДК 621.43.068.4: 628.477: 519.876.5

## ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

**А.Н. Кондратенко, ст. препод., к.т.н., С.А. Вамболь, проф., д.т.н., Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков, В.В. Вамболь, доц., к.т.н., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков**

*Аннотация.* Рассмотрены виды источников негативного влияния на окружающую среду поршневых ДВС. На основе системного подхода и принципа многоуровневой декомпозиции предложена схема и описаны функции системы управления экологической безопасностью эксплуатации энергетических установок с ДВС.

*Ключевые слова:* энергетические установки, ДВС, эксплуатация, система управления, экологическая безопасность, утилизация, отходы, поллютанты.

## ФУНКЦІЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

**О.М. Кондратенко, ст. викл., к.т.н., С.О. Вамболь, проф., д.т.н., Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, В.В. Вамболь, доц., к.т.н., Національний аерокосмічний університет ім. Н.Е. Жуковського «ХАІ», м. Харків**

*Анотація.* Розглянуто види джерел негативного впливу на навколишнє середовище поршневих ДВЗ. На основі системного підходу і принципу багаторівневої декомпозиції запропоновано схему і описано функції системи управління екологічною безпекою експлуатації енергетичних установок із ДВЗ.

*Ключові слова:* енергетичні установки, ДВЗ, експлуатація, система управління, екологічна безпека, утилізація, відходи, поллютанти.

## FUNCTIONS OF MANAGEMENT OF THE SYSTEM OF ECOLOGICAL SAFETY OF POWER PLANTS EXPLOITATION

**A. Kondratenko, Asst. Prof., Ph. D. (Eng.), S. Vambol, Prof., D. Sc. (Eng.), National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkiv, V. Vambol, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.), M.E. Zhukovsky National Aerospace University «KhAI», Kharkiv**

*Abstract.* Kinds of sources of harmful influence of piston internal combustion engines on nature environment are considered. On the basis of systematic approach and the principle of multilevel decomposition there was proposed a scheme and described the functions of the management system of ecological safety of exploitation of power units with ICE piston.

*Key words:* internal combustion engines, exploitation, systematic approach, principle of multilevel decomposition, management system, ecological safety, utilization, wastes, pollutants.

### Введение

Существенное негативное влияние на равновесие в окружающей природной среде (ОПС)

и экологическую безопасность (ЭБ) в урбо-системах в Украине оказывает транспорт, оснащенный поршневыми двигателями внутреннего сгорания (ДВС) [1, 2]. Создание на-

учных основ методологического обеспечения экологической безопасности процесса эксплуатации автотранспортных средств (АТС) и других энергетических установок (ЭУ) с ДВС является актуальной задачей, обладающей научной новизной.

### Цель и постановка задачи

Целью исследования является описание функций составляющих системы управления экологической безопасностью (СУЭБ) эксплуатации ЭУ с ДВС как неотъемлемая часть работы по созданию методологических основ для построения такой системы.

Задачами исследования являются:

- 1) построение схемы СУЭБ эксплуатации ЭУ с ДВС;
- 2) описание функций такой СУЭБ и ее структурных составляющих формулами.

### Анализ публикаций

В предыдущих исследованиях [5, 7] авторами предложена схема иерархической структуры СУЭБ эксплуатации ДВС, рассмотренная как сложная технологическая система и построенная на основе принципа многоуровневой декомпозиции и с учетом положений системного подхода [3, 4, 6]. Это позволяет формализовать, а также комплексно и рационально решить проблему обеспечения заданного уровня ЭБ эксплуатации ДВС и получения продукции целевого назначения. Также авторами предложена методологическая схе-

ма решения задачи управления ЭБ эксплуатации ДВС с учетом получения продуктов целевого назначения. Главными целями построения, организации и функционирования СУЭБ эксплуатации ДВС, как и любой другой СУЭБ, являются: предотвращение (или существенное ограничение) негативного влияния на ОПС факторов опасности, ослабление последствий проявления опасности и ослабление интенсивности действия источников опасности.

### Укрупненная схема СУЭБ процесса эксплуатации ЭУ с ДВС

Она состоит из 4 этапов и представлена в табл. 1.

Этап 1 носит название «Исходные данные для создания СУЭБ» и включает в себя уровни 1 и 2. Уровень 1 называется «Идентификация источников и типов факторов экологической опасности и анализ нормативно-правовой базы, устанавливающей их уровни». ДВС являются источниками нескольких видов загрязнения ОПС (поллютантов, вредных факторов и отходов), к которым следует отнести следующие:

1. Вещества:

1.1) твердые – детали механизмов и систем двигателя, а также корпусные детали (в том числе и одноразовые), исчерпавшие ресурс или вышедшие из строя;

1.2) жидкие – топлива, масла, охлаждающие жидкости, электролиты, консистентные смазки;

Таблица 1 Укрупненная схема многоуровневой декомпозиции СУЭБ эксплуатации ЭУ с ДВС

Этап 1 Исходные данные для создания СУЭБ		Этап 2 Усовершенствованные и новые технологии для обеспечения ЭБ, используемые СУЭБ		Этап 3 Организация и выполнение технологи- ческих процессов, обеспечивающих задан- ный уровень ЭБ, исполь- зуемых СУЭБ		Этап 4 Результаты использования СУЭБ	
Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3	Уровень 4	Уровень 5	Уровень 6	Уровень 7	Уровень 8
Идентификация источников факторов экологической опасности и анализ нормативно-правовой базы	Классификация факторов экологической опасности с учетом их генезиса и значимости	Разработка новых и совершенствование известных подготовительных процессов	Разработка нового и совершенствование имеющегося оснащения для реализации технологических процессов	Организация и управление СУЭБ	Производственные процессы, обеспечивающие заданный уровень ЭБ	Выходные результаты использования СУЭБ: значения факторов ЭБ и получение продукции целевого назначения	Система мониторинга и контроля уровня ЭБ

1.3) газообразные – токсичные компоненты ОГ и аэрозоли твердых частиц (ТЧ) в них, испарения жидких загрязнителей, парниковые газы [8, 9].

2. Энергетическое загрязнение:

2.1) электромагнитные поля – от электронных частей систем автоматического управления (САУ) и систем автоматического регулирования (САР);

2.2) шум и вибрации – механические, аэродинамические, гидравлические, химические источники механических колебаний;

2.3) теплота – вся энергия, выделяющаяся при окислении топлива, в конечном счете превращается в тепловую и идет на нагрев ОПС.

3. Информационное загрязнение – от электронных частей САУ и САР.

Поэтому в случае ДВС можно выделить следующие типы источников факторов экологической опасности:

- поллютанты (жидкие и газообразные вещества–загрязнители);
- вредные факторы (энергетические и информационные загрязнители);
- отходы (твердые вещества–загрязнители).

Уровень 2 называется «Классификация факторов экологической опасности с учетом их генезиса и значимости». В случае ЭУ с ДВС принципами классификации выступают:

- регионализация опасностей (учет характерных особенностей региональной структуры парка техники, оснащенной ДВС);
- пространственно–временная структуризация опасностей;
- количественная структуризация источников опасности (предполагает наличие статистических данных по типам источников опасности и их отдельным факторам).

Уровень завершается разработкой вариантов принципиальных технологических схем обеспечения ЭБ эксплуатации ЭУ с ДВС.

Этап 2 носит название «Усовершенствованные и новые технологии для обеспечения ЭБ, используемые СУЭБ» и включает в себя Уровни 3 и 4. Уровень 3 называется «Разработка новых и совершенствование известных подготовительных процессов». Для факторов экологической опасности, источником которых является ДВС, это следующие процессы: - технологические процессы обработки (термической, термокаталитической, химической) поллютантов и отходов, обеспечивающие заданный уровень ЭБ;

– технологические процессы очистки газообразных, жидких и твердых продуктов обработки, предотвращающие первичное и вторичное образование высокотоксичных веществ; – технологические процессы утилизации и переработки твердых отходов, предотвращающие образование высокотоксичных веществ в продукции целевого назначения.

Уровень 4 называется «Разработка нового и совершенствование имеющегося оснащения для реализации технологических процессов, обеспечивающих ЭБ эксплуатации ЭУ с ДВС». Под этим понимается обеспечение технологических процессов основным, вспомогательным и дополнительным оборудованием, с учетом безопасной работы персонала. Для этого уровня характерной особенностью является учет объемов, номенклатуры производственных процессов и сроков их исполнения. Для рассматриваемого объекта таким оборудованием выступает следующее: – оборудование для обработки поллютантов и отходов; – оборудование для очистки газообразных, жидких и твердых продуктов обработки; – оборудование для утилизации и переработки твердых отходов и получения продукции целевого назначения.

Этап 3 носит название «Организация и выполнение технологических процессов, обеспечивающие заданный уровень ЭБ, используемых СУЭБ» и включает в себя уровни 5 и 6. Уровень 5 называется «Организация и управление СУЭБ» и содержит следующие составляющие:

- организация последовательности технологических процессов;
- организация производственных участков для осуществления технологических процессов;
- диспетчеризация и управление производственным процессом.

Уровень 6 называется «Производственные процессы, обеспечивающие заданный уровень ЭБ». К таковым следует отнести:

- высокотемпературную обработку поллютантов и отходов;
- разложение токсичных веществ низкотемпературной плазмой;
- химическое преобразование токсичных веществ в безопасные продукты в присутствии катализаторов;
- резкое охлаждение выпускных газов;

- очистку выпускных газов различными способами и методами;
- отделение продуктов целевого назначения.

Этап 4 носит название «Результаты использования СУЭБ» и включает в себя уровни 7 и 8. Уровень 7 называется «Выходные результаты использования СУЭБ». Основными результатами можно считать следующие:

- снижение количества твердых отходов на полигонах;
- снижение экологической нагрузки на ОПС;
- получение продуктов целевого назначения (теплота, электроэнергия, полезные вещества, строительные материалы и др.).

Уровень 8 называется «Система мониторинга и контроля уровня ЭБ». Целью ее создания является обеспечение заданного уровня параметров ЭБ и оценки эффективности работы СУЭБ.

#### **Функции технологической СУЭБ эксплуатации ЭУ с ДВС**

Основой существования любой системы является базис и наличие конкретной цели функционирования. При этом отдельно взятые составляющие системы выполняют свои функции, подчиняя свои действия конечной цели, и все компоненты системы находятся в определенных взаимосвязях и согласованности в действиях. Функция технологической СУЭБ эксплуатации ЭУ с ДВС заключается в создании экологически безопасного процесса обработки отходов и поллютантов, источником которых является ДВС, с возможностью получения продукта целевого назначения.

Форму функции всей СУЭБ и любой ее структурной составляющей можно формализовать в виде следующей формулы, отражающей взаимодействие трех компонентов

$$F_j^i = (A, B, C). \quad (1)$$

Здесь под принятыми обозначениями следует понимать:  $A$  – действие системы (компонента), приводящее к необходимому результату;  $B$  – указание объекта, на который направлено действие;  $C$  – формулировка особых условий и ограничений, при которых выполняется действие системы (компонентов);  $i$  – номер уровня СУЭБ;  $j$  – номер структурного элемента уровня СУЭБ.

Тогда эта функция для СУЭБ эксплуатации ЭУ с ДВС представляет собой следующее:

$F$  (система обеспечения ЭБ) = [показатели ЭБ ( $A$ ) технологического процесса обработки отходов и поллютантов, источником которых является ДВС, ( $B$ ) при рациональных организационно-технических параметрах с применением новых или усовершенствованных технологий обеспечения ЭБ ( $C$ )].

Общий подход определяет, что каждый компонент системы (компонент – подсистема, компонент – элемент) также определяется своей функцией. Функции компонентов системы зависят от собственных свойств компонента и его связей с другими компонентами. Для формулировки основных функций компонентов системы воспользуемся предложенной выше укрупненной многоуровневой схемой и ее отдельных этапов и уровней. На уровне 1 в подсистемах выделяются опасные отходы и поллютанты по типу образования и идентифицируются с учетом возможного образования высокотоксичных веществ в процессе эксплуатации ЭУ с ДВС.

Определяя основные закономерности формирования экологической опасности в подсистемах уровня 2, принимаем следующее:

$F_1^2$  (регионализация опасностей) = [в результате анализа особенностей структуры автопарка техники, оборудованной ДВС, региона ( $A$ ) выделяются приоритеты структур опасностей ( $B$ ) в зависимости от возможного развития опасности) ( $C$ );

$F_2^2$  (пространственно-временная структуризация опасности) = [в результате анализа экологически опасных объектов определенного генезиса, которые вследствие взаимодействия и взаимного влияния генерируют опасность ( $A$ ), позиционируют источники опасности ( $B$ ), учитывая не только пространственное расположение источников опасности по отношению к различным объектам, но и характер среды, в которой эта опасность распространяется ( $C$ )];

$F_3^2$  (количественная структуризация источников экологической опасности) = [в результате анализа различных вариантов принципиальных схем эксплуатации ЭУ с ДВС ( $A$ ) они классифицируются с учетом располагаемых ресурсов ( $B$ ) и их разновидностей ( $C$ )].

Функции подсистемы уровня 3:

$F^3_1$  (технологические процессы обработки поллютантов и отходов, источником которых является ДВС, обеспечивающие заданный уровень ЭБ) = [выбор технологических процессов (A), создающих необходимые условия (B) преобразования отходов и поллютантов в экологически безопасные вещества (C)];

$F^3_2$  (технологические процессы очистки газообразных, жидких и твердых продуктов обработки, предотвращающие первичное и вторичное образование высокотоксичных веществ) = [выбор технологий (A) для создания процессов очистки (B) и организация их в области (C) образования высокотоксичных соединений];

$F^3_3$  (технологические процессы утилизации и переработки твердых отходов, предотвращающие образование высокотоксичных веществ в продукции целевого назначения) = [выбор технологических процессов (A), основанных на различных физических принципах (B), обеспечивающих отсутствие высокотоксичных соединений в продукции целевого назначения (C)].

Для подсистем уровня 4 имеем следующего вида функции:

$F^4_1$  (оборудование для обработки поллютантов и отходов) = [проектирование, изготовление и подбор (A) оснащения (B), обеспечивающего ЭБ при обработке поллютантов и отходов, источником которых является ДВС, препятствующим образованию токсичных продуктов (C), при минимальных затратах на оснащение];

$F^4_2$  (оборудование для очистки газообразных, жидких и твердых продуктов обработки) = [проектирование, изготовление и подбор (A) оснащения (B), обеспечивающего качественное осуществление технологических процессов очистки продуктов обработки поллютантов и отходов, источником которых является ДВС (C), при минимальных затратах на оснащение];

$F^4_3$  (оборудование для утилизации и переработки твердых отходов и получения продукции целевого назначения) = [проектирование, изготовление и подбор (A) оснащения (B), обеспечивающего качественное осуществление технологических процессов утилиза-

ции и переработки твердых отходов и получения продукции целевого назначения (C), при минимальных затратах на оснащение].

В подсистемах уровня 5 определены следующие функции:

$F^5_1$  (организация последовательности технологических процессов) = [разработка (A) цикловых графиков (B) формирования технологических процессов обработки отходов и поллютантов, источником которых является ДВС, обеспечивающей минимальные затраты ресурсов обеспечения производственной и экологической безопасности (C)];

$F^5_2$  (организация производственных участков для осуществления технологических процессов) = [проектирование и организация (A) участков для обеспечения ЭБ при реализации технологических процессов обработки отходов и поллютантов, источником которых является ДВС, (B) с учетом особенностей новых и усовершенствованных технологий (C)];

$F^5_3$  (диспетчеризация и управление производственным процессом) = [регулирование и сетевое планирование по времени (A) цикловых графиков использования технологических процессов ЭБ обработки отходов и поллютантов, источником которых является ДВС, (B) в целях выполнения заданных производственных циклов (C)].

Основные закономерности уровня 6 можно описать следующими функциями, однотипными и инвариантными относительно конкретного технологического процесса:

$F^6_{1-6}$  (технологический процесс обработки отходов и поллютантов, источником которых является ДВС) = [регулирование и сетевое планирование по времени (A) цикловых графиков производственных процессов обработки отходов и поллютантов, источником которых является ДВС, (B) в целях выполнения заданных циклов производственных процессов (C) с обеспечением ЭБ].

Функциональные закономерности подсистем уровней 7 и 8 укладываются в общие закономерности для процесса утилизации отходов жизнедеятельности с учетом обеспечения ЭБ [7].

$F^{7,8}$  (система обеспечения ЭБ) = [ЭБ (А) в процессе функционирования технологического процесса обработки поллютантов и отходов, источником которых является ДВС, (В) при рациональных организационно-технических параметрах с применением новых и усовершенствованных технологий обеспечения безопасности (С)].

### Выводы

Формализованы и описаны формулами функции предложенной СУЭБ эксплуатации ЭУ с ДВС как сложной технологической системы в целом, так и отдельных ее компонентов. Раскрыт смысл составляющих формул для каждого компонента СУЭБ.

Данная СУЭБ построена на основе принципа многоуровневой декомпозиции и с учетом положений системного подхода. Она позволяет комплексно и рационально решить проблему обеспечения заданного уровня ЭБ эксплуатации ДВС и получения продукции целевого назначения.

### Литература

1. Марков В.А. Токсичность отработавших газов дизелей. – 2-е изд. перераб. и доп. / В.А. Марков, Р.М. Баширов, И.И. Гамбитов. – М.: Изд-во МГТУ им. М.Э. Баумана, 2002. – 376 с.
2. Оценка и контроль выброса дисперсных частиц с отработавшими газами дизелей / В.А. Звонов, Г.С. Корнилов, А.В. Козлов, Е.А. Симонова. – М.: Прима-Пресс-М, 2005. – 312 с.
3. Шмандий В.М. Екологічна безпека: підручник / В.М. Шмандій, М.О. Клименко, Ю.С. Голік та ін. – Херсон.: Олді-плюс, 2013. – 364 с.
4. Шмандий В.М. Управление техногенной безопасностью урбосистемы на стадии образования и поступления отходов в окружающую среду: монография / В.М. Шмандий. – Х.: Изд-во НАУ им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», 2001. – 152 с.
5. Вамболь С.А. Системы управления экологической безопасностью, которые используют многофазные дисперсные структуры: монография / С.А. Вамболь. – Х.: Изд-во НАУ им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», 2013. – 204 с.
6. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий: монография / Т.Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1989. – 316 с.
7. Кобрин В.Н. Система управления экологической безопасностью при утилизации твердых бытовых и производственных отходов / В.Н. Кобрин, Н.В. Нечипорук, В.В. Вамболь // Екологічна безпека: наук. журн. – 2012. – Вип. 2/2014 (18). – С. 24–29.
8. Кондратенко А.Н. Регенерация фильтра твердых частиц дизеля с насыпкой из природного цеолита / А.Н. Кондратенко, А.П. Строков, С.А. Вамболь, А.Н. Авраменко // Двигатели внутреннего сгорания: всеукр. научн.-техн. журнал. – 2014. – № 2. – С. 76–81.
9. Канило П.М. Автотранспорт. Топливо-экологические проблемы и перспективы: монография / П.М. Канило. – Х.: ХНАДУ, 2013. – 270 с.

Рецензент: Н.В. Внукова, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 15 мая 2015 г.