

УДК 628.83

Функционально-экологическая оценка чистых помещений

Н.М. Дисветова

Национальный исследовательский университет «МИЭТ», г. Москва, Россия

Functional-Ecological Evaluation of Clean Room

N.M. Disvetova

National Research University of Electronic Technology, Moscow, Russia

Исследована применимость метода системного анализа к чистым помещениям технологии микроэлектроники для улучшения их энергоэкологических показателей. Рассмотрена возможность использования на практике метода оценки экологичности системы кондиционирования воздуха для чистых помещений микроэлектроники с помощью функционально-экологического анализа, приведен его алгоритм и пример реализации для действующей технологии. Функционально-экологический анализ – трудоемкий метод, однако его эффективность и полнота дают значительное преимущество при оценке чистых помещений.

Ключевые слова: функционально-экологический анализ; чистое помещение; система кондиционирования воздуха; выбросы предприятий.

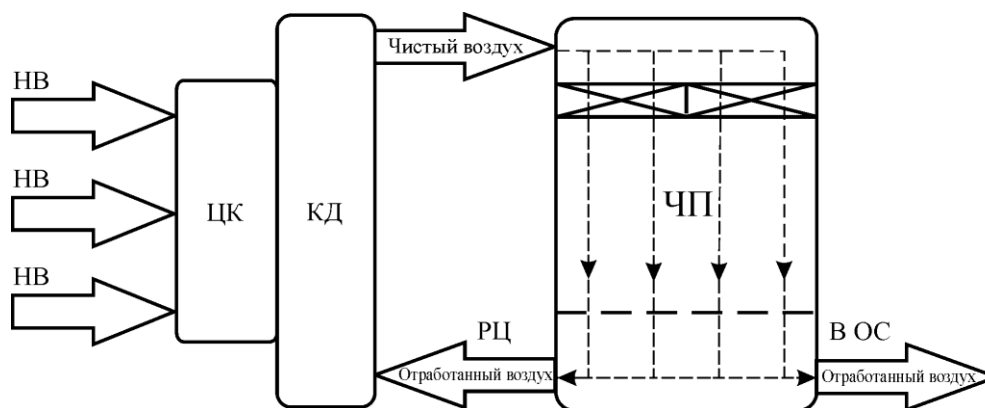
© Н.М. Дисветова, 2017

The applicability of one of the system analysis method for clean rooms of the microelectronics technology to improve their energy and ecological indicators has been investigated. The possibility of using in practice the ecological assessment method of the air-conditioning system for clean rooms in microelectronics using the functional-ecological analysis has been considered, and its algorithm and implementation example have been given. The functional-ecological analysis is a time-consuming method, however, the efficiency and completeness make it a considerably advantageous in investigation of clean rooms.

Keywords: functional-ecological analysis; clean room; air conditioning system; plant emissions.

Применяемые в настоящее время методы оценки эффективности чистых помещений (ЧП) как сложной технической системы, базирующиеся на стоимостном, структурном и функциональном подходах, отражают главным образом ее полезность, но не дают представления об экологических аспектах. Описание этой стороны проблемы эксплуатации ЧП становится возможным при использовании функционально-экологического анализа, объединяющего принципы функциональности и экологичности систем. При этом главным критерием адекватности затрат на осуществление требуемых функций служит экологичность системы и ее элементов, характеризующихся рядом показателей [1]. Алгоритм функционально-экологического анализа составлен по аналогии с методологией функционально-экологического проектирования технических систем, он содержит четыре этапа: информационно-подготовительный, аналитический, поисково-исследовательский и этап разработки и внедрения [2].

В рассматриваемом случае информация об объекте исследования представлялась в виде воздействия выбросов предприятий микроэлектроники на атмосферу и человека через установление класса опасности содержащихся в них веществ. На аналитическом этапе составлена структурная модель системы кондиционирования воздуха (СКВ) с описанием функций элементов структуры, их значимости и экологического ущерба от их реализации (рисунок). Согласно структурной схеме наружный воздух (НВ) после обработки в центральном кондиционере (ЦК) и доводки в кондиционере-доводчике (КД) поступает в ЧП, после использования в котором отравляется в основном на рецикл (РЦ) и частично в окружающую среду (ОС).



Структурная схема системы кондиционирования воздуха чистого помещения

Таким образом, СКВ состоит из трех подсистем, реализующих соответственно три технологические функции: Ф1 – первичная обработка наружного воздуха; Ф2 – доводка воздуха до требуемого класса чистоты и подача его в ЧП; Ф3 – удаление отработанного воздуха.

Для определения значимости технологических функций использовался метод экспертных оценок [2]. В качестве экспертов привлекались преподаватели кафедры промышленной экологии МИЭТ, ведущие научные сотрудники ООО НПП «Доза» и ООО НПП «Спектр-АТ», а также главный эколог МИЭТ. Эксперты высказывали свои суждения путем парных сравнений функций (метод попарных сравнений) [3] с применением шкалы словесных определений уровня значимости: равная значимость – 1 балл, умеренное превосходство – 3 балла, существ-

венное превосходство – 5 баллов. Для представления этой информации использовался матричный метод.

В табл.1 приведены средние оценки экспертов, ранжирующие функции в порядке предпочтения относительно друг друга, а также значимость W каждой из функций как средневзвешенное значение ее коэффициента значимости, который рассчитывался по формуле [2] $K_i = \sqrt[n]{a_{i1} \cdot \dots \cdot a_{ij} \cdot \dots \cdot a_{in}}$, где n – размер матрицы сравнений, a_{ij} – количественное значение уровня значимости функции i по отношению к функции j .

Таблица 1

Матрица сравнения значимости функций СКВ

Функция	Ф1	Ф2	Ф3	Значимость функции W
Ф1	1	1	3	0,4
Ф2	1	1	3	0,4
Ф3	1/3	1/3	1	0,2

По методологии функционально-экологического проектирования той же группой экспертов определялся экологический ущерб от реализации отдельных функций на основе входящих и выходящих потоков СКВ по структурной схеме с помощью методики, разработанной по аналогии с нормативным документом Р.2.2.2006-05 «Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса». Каждому виду вредного воздействия, исходя из его масштаба, присвоен один из 6 классов в зависимости от концентрации вредных веществ и объема выбросов (табл.2).

Таблица 2

Классы экологического ущерба в зависимости от концентрации вредных веществ

Вредные вещества	Класс экологического ущерба						
	Оптимальный	Допустимый	Вредный		Опасный		
	0	1	2	3	4	5	6
Превышение ПДК (ПДВ), раз							
Вредные вещества 1–4-го классов опасности, за исключением перечисленных ниже	Фон	≤ ПДК (ПДВ)	1,1–3	3,1–10	10,1–15	15,1–20	> 20
Вещества, опасные для развития острого отравления с остронаправленным механизмом действия (хлор, аммиак)	0	≤ ПДК (ПДВ)	1,1–2	2,1–4	4,1–6	6,1–10	> 10
Вещества, опасные для развития острого отравления раздражающего действия	0	≤ ПДК (ПДВ)	1,1–2	2,1–5	5,1–10	10,1–50	>50
Канцерогены, вещества, опасные для репродуктивного здоровья человека	0	≤ ПДК (ПДВ)	1,1–2	2,1–4	4,1–10	10,1–20	>20
Высокоопасные аллергены	0	≤ ПДК (ПДВ)	–	1,1–3	3,1–15	15,1–20	>20
Умеренно опасные аллергены	0	≤ ПДК (ПДВ)	1,1–2	2,1–5	5,1–15	15,1–20	>20

Примечание: ПДК – предельно допустимая концентрация; ПДВ – предельно допустимый выброс.

Далее определялась общая оценка по наиболее высокому классу. В случае сочетания трех и более факторов, относящихся к классу 2, общая оценка соответствовала классу 3, а при сочетании двух и более факторов классов 3, 4, 5 общая оценка выставлялась на одну степень выше (табл.3).

Таблица 3

Оценка экологического ущерба

Функция	Значимость функции	Поток	Направление потока	Описание потока	Класс потока
Ф1	0,4	Наружный воздух	В КД	Естественное состояние приземного слоя атмосферы	1
Ф2	0,4	Воздух за ЦК	В ЧП	Предварительно обработанный воздух	1
Ф3	0,2	Отработанный воздух	В ОС	Загрязненный воздух	5

Исследование показало, что наибольший экологический ущерб окружающей среде и населению наносится от воздействия, описываемого функцией по удалению отработанного воздуха Ф3, ключевым негативным фактором которой является выброс вредных веществ в атмосферу. Поскольку эти вещества характеризуются синергетическим эффектом при взаимодействии как друг с другом, так и с фоновыми примесями атмосферы, на этапе разработки и внедрения необходимы мероприятия, обеспечивающие снижение негативного воздействия выбросов [4]. Для улучшения экологической ситуации следует повысить информативность системы мониторинга атмосферы города за счет расширения спектра контролируемых примесей, а также оценить эколого-экономические риски.

Проведенный функционально-экологический анализ СКВ позволяет выявить наиболее перспективные направления модернизации функционирующих чистых помещений. Необходимость широкого внедрения методологии очевидна, так как она направлена на улучшение не только экологических, но и технико-экономических характеристик всей индустрии чистых помещений.

Литература

1. ГОСТ Р 51750 – 2001. Энергосбережение. Методика определения энергоемкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах. Общие положения. – М.: Госстандарт России, 2004. – 22 с.
2. *Гаврилин П.А.* Функционально-экологическое проектирование технических систем. – М.: Спутник, 2008. – 47 с.
3. *Козлов В.Н.* Системный анализ. Оптимизация и принятие решений. – СПб.: Проспект, 2014. – 173 с.
4. *Дисветова Н.М., Каракеян В.И.* Функционально-экологический анализ системы кондиционирования воздуха чистых помещений // Методы анализа и контроля объектов природно-технических геосистем / Под ред. В. И. Каракеяна. – М., 2014. – С. 53–59.

Поступило
6 мая 2016 г.

Дисветова Наталья Максимовна – магистрант кафедры промышленной экологии МИЭТ, г. Москва, Россия. *Область научных интересов:* исследование применения методов системного анализа к различным высокотехнологичным производствам. **E-mail: n.disvetova@mail.ru**