

Тогда интенсивность звука  $I_M(x,y)$  в точке  $M(x,y)$ :

$$I_M(x,y) = \sum_{i=1}^n \frac{W_i}{4\pi\eta_i^2} = \sum_{i=1}^n 4\pi r_i^2 I_0 10^{L_{i1}/10}. \quad (12)$$

Уровень интенсивности звука  $L_{1M}(x,y)$  в точке  $M$  будет

$$L_{1M}(x,y) = 10 \lg \frac{I_M(x,y)}{I_0}. \quad (13)$$

Тогда интенсивность звука  $I_M(x,y)$  в точке  $M(x,y)$ :

$$L_M(x,y) = \sum_{i=1}^n \frac{W_i}{4\pi\eta_i^2} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{4\pi\eta_i^2} \times 4\pi r_i^2 I_0 10^{L_{i1}/10} \right) = \sum_{i=1}^n \left( \left( \frac{r_i}{\eta_i} \right)^2 I_0 10^{L_{i1}/10} \right). \quad (14)$$

Уровень интенсивности звука  $L_{1M}(x,y)$  в точке  $M(x,y)$  будет

$$\begin{aligned} L_{1M}(x,y) &= 10 \lg \frac{I_M(x,y)}{I_0} = 10 \lg \sum_{i=1}^n \left( \left( \frac{r_i}{\eta_i} \right)^2 10^{L_{i1}/10} \right) = \\ &= 10 \lg \left[ \left( \frac{r_1}{\eta_1} \right)^2 10^{L_{11}/10} + \left( \frac{r_2}{\eta_2} \right)^2 10^{L_{12}/10} + \dots + \left( \frac{r_n}{\eta_n} \right)^2 10^{L_{1n}/10} \right]. \quad (15) \end{aligned}$$

Таким образом, периметральные значения уровней интенсивности от источников шума промышленного района позволяют составить шумовую карту прилегающей селитебной территории.

1. Рекомендации по измерению и оценке внешнего шума промышленных предприятий НИИСФ Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1989. – 9 с.

2. Справочник: Борьба с шумом на производстве / Е.Я.Юдин, Л.А.Борисов, И.В.Горштейн и др.; Под общ. ред. Е.Я.Юдина. – М.: Машиностроение, 1985. – 400 с.

3. Маекава Дз. Основные принципы действия противозумных экранов и некоторые вопросы их применения / Онке гидзюцу. Пер. ст. из журн. – 1975. – Т.4. №1. – С.49-54.

Получено 14.04.2010

УДК 614.8

А.А.ТЕСЛЕНКО, канд. физ.-матем. наук, С.А.ДУДАК

Университет гражданской защиты Украины, г.Харьков

А.Б.КОСТЕНКО, канд. физ.-матем. наук, Б.И.ПОГРЕБНЯК, канд. техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

## ОПЫТ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ

На простейшем примере рассматривается методология оптимизации параметров (вместимость двух различных установок по отношению к двум различным веществам) технологического оборудования с целью снижения взрывобезопасности предприятия.

На простом прикладі розглядається методологія оптимізації параметрів (місткість двох різних установок по відношенню до двох різних речовин) технологічного устаткування з метою зниження вибухобезпечності підприємства.

Based on the simplest example is examined the methodology of the optimization of the parameters (capacity of two different installations with respect to two different substances) of technological equipment for the purpose of reduction in the explosion-proof character of enterprise.

*Ключевые слова:* модель, объект повышенной опасности, категория, взрывобезопасность.

В последние годы как в нашей стране, так и за рубежом значительно участились аварии на объектах повышенной опасности. Это требует безотлагательных мер по предотвращению подобных случаев и прежде всего – мер профилактических. Существенно уменьшить вероятность аварий может оптимизация устройства и регламента предприятий. Одним из регламентных документов, обеспечивающих безопасность предприятия, является документ «Нормы визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» [1]. В нем содержится алгоритм, позволяющий определить, является ли рассматриваемый объект пожаровзрывоопасным. Изменяя технологические параметры, исходя из потребностей производственного процесса таким образом, чтобы при этом не увеличивалась пожаровзрывоопасность предприятия (согласно [1]) можно изменять технологический процесс, оставаясь в рамках заданных значений избыточного давления взрыва или удельной пожарной нагрузки. Применение алгоритма [1], по-своему смыслу, представляет собой прогнозирование. Сам результат применения алгоритма [1] оформляется в виде присвоения категорий (А, Б, В, Г, Д) помещению, зданию или внешней установке. Таким образом, получаем пять значений градации пожаро- и взрывоопасности. Задаваясь значением категории можно проверять соответствие этой категории практически при любых технологических изменениях, включая любые количественные характеристики процесса, план размещения производственных мощностей, план самих зданий и даже изменения в самой физической сути технологического процесса. Другими словами, алгоритм документа [1] позволяет эффективно выполнять оптимизацию технологического процесса и прогнозирование аварий. Целевой функцией при этом будет выступать значение категории объекта исследования.

Оптимизация может быть проведена «вручную», т.е. путем подбора с расчетом вручную, или с помощью программного обеспечения. В [2, 3] предлагается оптимизация «вручную», при которой можно использовать программное обеспечение для расчета отдельных величин.

Специализированного программного сервиса, предназначенного для решения задач оптимизации в рассматриваемой постановке, нами не обнаружено.

С точки зрения принципиальной возможности прогнозирования техногенных аварий и рекомендуемых изменений объекта наличие программного обеспечения не является обязательным, т.е. не имеет принципиального значения. Однако, для оптимизации необходим большой объем вычислений. Трудно поверить в хорошее качество оптимизации «вручную» даже при минимальной сложности объекта и целей оптимизации. В настоящей работе представлен опыт оптимизации минимально сложного объекта. Определены объемы трудозатрат и качество оптимизации. Для решения задачи впервые использован проблемно-ориентированный язык программирования для моделирования задач в области чрезвычайных ситуаций, предложенный в работах [4, 5]. В данной статье предлагается аналогичный язык, на данный момент, основанный на алгоритме, описанном в [1]. Его разработка (язык называется «Категория») начата в ноябре 2008 г. Он подробно описан в [6], где находится в свободном доступе интерпретатор этого языка (впервые интерпретатор был размещен на сайте 08.07.2009г.). На базе этого языка предлагается построение алгоритмов оптимизации. Используется тот факт, что при таком подходе существует возможность создания несложной программы, специально созданной для конкретной оптимизации. Эта возможность обеспечивается легкостью встраивания интерпретатора в модуль, который исследует и оптимизирует какие-либо параметры объекта, описанного на языке «Категория». Смысл такой архитектуры программы состоит в разделении программного обеспечения на две части: описание объекта (используется специализированный язык), и модуля, занимающегося оптимизацией. Это позволяет описывать на проблемно-ориентированном языке любые доступные в данной программной среде объекты. В свою очередь, к описанным таким образом объектам могут применяться различные модули, осуществляющие оптимизацию. Вышесказанное иллюстрируется в настоящей работе. Авторы предлагают вниманию конкретную реализацию методов оптимизации, предназначенную для использования при проектировании или реконструкции промышленных объектов. Предполагается, что применение указанных методов оптимизации позволит получать решения близкие к оптимальным с точки зрения документа [1] и любых поставленных задач оптимизации.

Рассмотрим достаточно простой пример оптимизации, однако такой, чтобы он мог показать возможность решения сложных задач. Предположим, на некотором предприятии имеется два помещения

(будем называть их помещение 1 и помещение 2), в которых находятся две разновидности оборудования: установки типа 1 и установки типа 2. Для простоты будем считать, что в технологическом процессе отсутствуют трубопроводы, вентиляции и т.п. Смысл данного примера такое упрощение не изменит, а текст, приводимой далее программы существенно сократит. В помещении 1 находятся три установки типа 1 и две установки типа 2. В помещении 2 находятся две установки типа 1 и четыре установки типа 2. Объем помещения 1 –  $1000 \text{ м}^3$ , объем помещения 2 –  $2000 \text{ м}^3$ . В установке 1 используется единственное вещество бутилен ( $0,3 \text{ кг}$ ), в установке 2 – ацетон ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3 - 1,3 \text{ кг}$ ). Помещения относятся к категории «Д». Предположим, принято решение заменить отработавшие свой ресурс установки типа 1 и 2 на установки, большей вместимости. В помещении 1 – это по одной установке типа 1 и 2. В помещении 2 – это одна установка типа 1 и две установки типа 2. Установки будут изготавливаться на опытном заводе этого же предприятия. Требуется определить вместимость этих установок в следующих условиях. Опытный завод будет изготавливать серию единичных установок (имеющих один объем) каждой разновидности. Требуется увеличить вместимость установок так, чтобы помещения не попали в категории «А» и «Б».

Полный текст программы для определения категорий помещений в данном случае многократно выполнялся модулем оптимизации *Optim*, описанным и доступным в [6]. В каждом этапе выполнения программа модифицируется так, что переменным *Маса\_ГГ#1* и *Маса\_ГГ#2* присваивались случайные значения из диапазона  $0,1-7 \text{ кг}$ , которые и определяют максимальную загрузку аппаратов после реконструкции (рис.1).

В результате решения данной задачи определено, что при заданных условиях оптимальная вместимость установки 1 –  $1,46 \text{ кг}$ , установки 2 –  $1,32 \text{ кг}$  (рис.2). Из рис.1 видно, что оптимизация происходит по двум переменным, которые меняются от  $0,1$  до  $7 \text{ кг}$ . Объем статистики –  $8000$  экспериментов, которые приблизительно равномерно разбросаны по площади  $\approx 49 \text{ кг}^2$ , соответственно изменениям двух переменных. Это означает, что один эксперимент приходится на площадь  $6 \text{ г}^2$  и ожидаемая точность нахождения оптимального решения  $\approx 12 \text{ г}^2$ .

Рассмотренный пример достаточно простой, он взят исключительно для наглядности. Показанные в статье и [6] программные средства позволяют решать все задачи, соответствующие документу [1].

Предложенный подход с реализованными программными средствами позволяет эффективно решать задачи оптимизации для некоторого класса объектов и ситуаций. Эти задачи хоть и относятся к относи-

тельно узкому кругу, заранее точно не определены и гибко могут изменяться в рамках предложенных языковых средств.

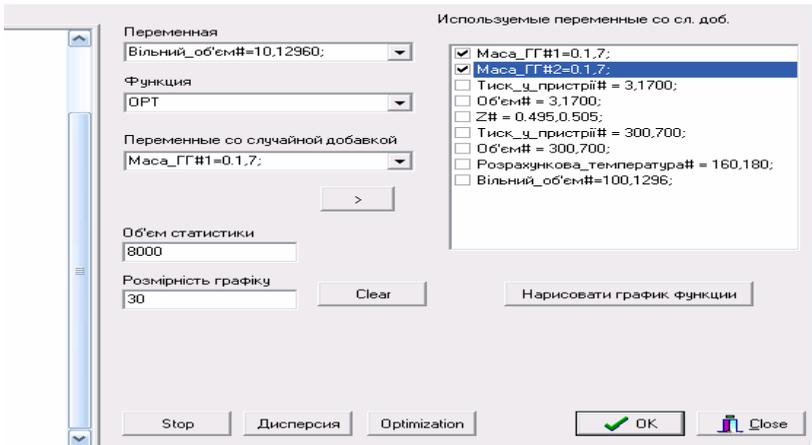


Рис. 1 – Вид окна программы Optim, в котором задаются диапазоны изменения случайных переменных

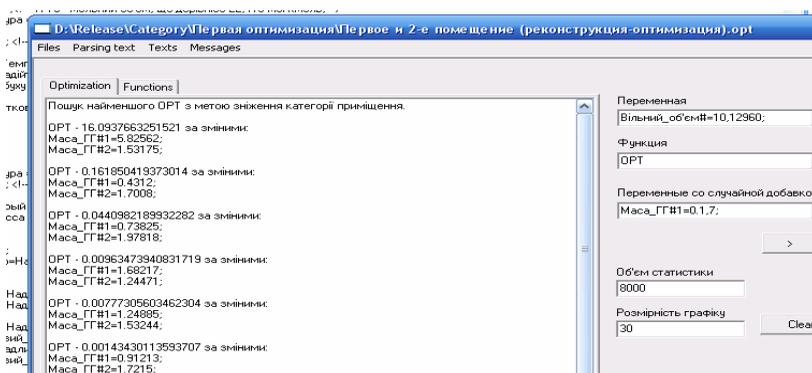


Рис. 2 – Вид окна программы Optim, в котором показаны этапы решения задачи

1.НАПБ Б.03.002.-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухонебезпечною та пожежною небезпечною.

2.Услуги в области комплексного решения проблем обеспечения безопасности. Режим доступа – <http://rubin01.ru/faq/raschet-kategorii.html>.

3.Расчёт категорий зданий и помещений по взрывопожарной и пожарной опасности (НПБ 105-03). Режим доступа – <http://www.stopfire.ru/content/343/2124>.

4.Тесленко О.О., Михайлюк О.П., Олейник В.В. Досвід застосування імітаційного моделювання до ідентифікації об'єктів підвищеної небезпечки // Проблеми надзвичайних ситуацій: Зб. наук.пр. УЦЗ України. Вип.7. – Харків: УЦЗУ, 2008. – С.139-144.

5.Тесленко А.А., Михайлюк А.П., Олейник В.В. К вопросу использования имитационного моделирования при прогнозировании последствий выброса опасных химических веществ при авариях на промышленных объектах // Проблемы надзвичайних ситуацій: Зб. наук. пр. УЦЗ України. Вип.8. – Харків: УЦЗУ, 2008. – С.194-198.

6.Проблемы моделирования в областях предупреждения, возникновения и развития чрезвычайных ситуаций. Режим доступа – <http://www.emergencemodeling.narod.ru>.

*Получено 14.04.2010*

УДК 614

О.А.САБИТОВА, Б.М.КОРЖИК, канд. техн. наук  
*Харківська національна академія міського господарства*

### **ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРУ З СИСТЕМОЮ «ЛЮДИНА – МАШИНА»**

Аналізується структура факторів системи «людина – машина» (СЛМ) і взаємозв'язки, що забезпечують ефективність та безпеку функціонування системи в цілому.

Анализируется структура факторов системы «человек – машина» (СЧМ) и взаимосвязи, которые обеспечивают эффективность и безопасность функционирования системы в целом.

We analyzed the structure factors of the system "man – machine" (MSA) and relationships that ensure the effective and safety functioning of the system as a whole.

*Ключові слова:* людський фактор, система «людина – машина», аварія, оператор, безпека.

Система «людина - машина» (СЛМ) включає в себе певне технічне обладнання і одного або декількох людей – операторів, які в процесі взаємодії з обладнанням та між собою вирішують конкретну виробничу задачу [1]. Область значень параметрів СЛМ, при яких забезпечується виконання поставленої перед системою мети, є запланованим (штатним) станом системи. Вихід параметрів за межі штатного стану, як правило, призводить до небажаних подій (аварій). Тому дослідження взаємозв'язків людського фактора в СЛМ є актуальною задачею для підвищення надійності та безпеки системи.

В сучасних умовах розвитку суспільства будь-яка діяльність людини є потенційно небезпечною. У жодному її виді неможливо досягти абсолютної безпеки і тому у розвинутих країнах прийнята концепція допустимого ризику, суть якої – прагнення до такої безпеки, яка прийнята у даній соціально-економічній і науково-технічній ситуації [2].

Питання вирішення проблем безпеки праці та надійності функціонування технічних систем розглядаються в роботах [1, 3-6].

Для розуміння всієї складності взаємин людини й машини, а значить і її безпеки та надійності на виробництві, а також на транспорті й