



УДК 681.5+004.94

## ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПОТЕНЦИАЛЬНО ВЗРЫВООПАСНОГО ОБЪЕКТА. ЧАСТЬ 2

Волков В.Э., канд. физ.-мат. наук, доцент  
Одесская национальная академия пищевых технологий, Одесса

**Аннотация:** Произвольный потенциально взрывоопасный объект рассмотрен с позиций системного анализа как сложная иерархическая система. Произведен второй этап разработки информационной модели этой системы – идентификация концептуальных сущностей, или объектов, которые составляют подсистему для анализа.

**Annotation:** Arbitrary potentially explosive object is considered from the point of view of the system analysis as the complex hierarchical system. The second stage of elaboration of the information model for this complex system is fulfilled: the identification of objects, which form sub-system for analysis, is done.

**Ключевые слова:** взрывоопасность, потенциально взрывоопасный объект, сложная система, информационная модель.

В предыдущей работе [1] нами рассмотрен произвольный потенциально взрывоопасный объект (ПВОО), который с позиций системного анализа [2] является сложной иерархической системой. В качестве первого этапа разработки информационной модели этой системы произведено ее структурирование [1]. Следующим после структурирования этапом в разработке информационной модели системы является идентификация концептуальных сущностей, или объектов, которые составляют подсистему для анализа [3,4].

В случае потенциально взрывоопасного объекта (ПВОО) в первую очередь необходимо идентифицировать элементарные потенциально взрывоопасные объекты (ЭПВОО) [1] с их атрибутами и связями.

Рассмотрим описанные в работе [1] ЭПВОО 7-ми разных видов (1, 2.а, 2.б, 2.в, 3.а, 3.б, 3.в) как объекты в смысле объектно-ориентированного анализа (ООА), исходя из следующего определения [4]: в ООА объект – это такая абстракция множества предметов реального мира, что все предметы в этом множестве – экземпляры – имеют одни и те же характеристики и подчинены одному и тому же набору правил поведения.

Графически элементарный потенциально взрывоопасный объект вида 1 изображается так, как показано на Рис. 1.

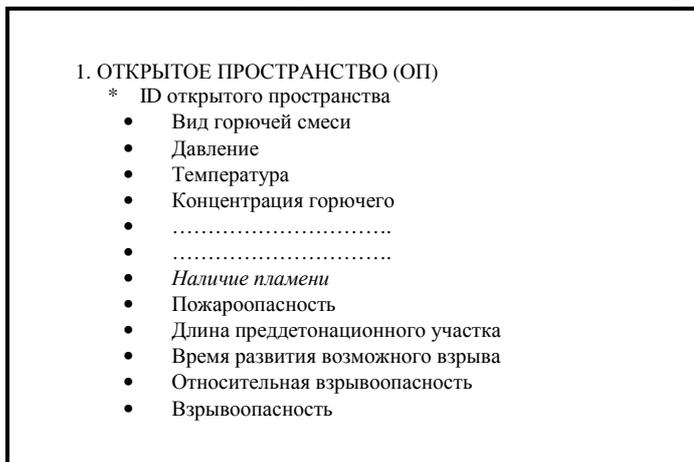


Рис. 1. Графическое изображение элементарного потенциально взрывоопасного объекта класса 1

В эквивалентном текстовом представлении потенциально взрывоопасный объект класса 1 описывается следующим образом:

Открытое пространство (ID открытого пространства, Вид горючей смеси, Давление, Температура, Концентрация горючего, ..., *Наличие пламени*, Пожароопасность, Длина преддетонационного участка, Время развития возможного взрыва, Относительная взрывоопасность, Взрывоопасность).



**ПИТАНИЯ ТЕОРИИ, МЕТОДИ І АЛГОРИТМИ ЕФЕКТИВНОГО АВТОМАТИЧНОГО  
УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТИПУ**

Как любой объект, **Открытое пространство** имеет (привилегированный) идентификатор ID открытого пространства. Атрибуты **Давление, Температура, Концентрация горючего**,... являются описательными атрибутами [4] и характеризуют физико-химическое состояние объекта; значения этих атрибутов могут: 1) задаваться на основе нормативно-справочной информации или информации о некотором известном технологическом действии; 2) вычисляться на основе нормативно-справочной информации и/или значений других атрибутов; 3) устанавливаться в результате измерений; значения этих атрибутов являются вещественными (как правило – неотрицательными) числами, причем для каждого из атрибутов в конкретной задаче имеется свой диапазон допустимых значений, обусловленный физическими, техническими и технологическими особенностями объекта. Атрибут *Наличие пламени* есть смысл вводить только если имеются в наличии детекторы пламени; он может принимать всего 2 логических значения – «есть» или «да» (1) и «нет» (0); значение «да» (1) требует немедленного или достаточно быстрого действия с целью подавления пожара и/или недопущения его перерастания во взрыв. Атрибут **Пожароопасность** характеризует возможность возгорания объекта (как самовозгорания, так и возгорания в результате искусственного инициирования – случайного или намеренного). Значениями атрибута **Пожароопасность** является следующая пара – значение нечеткой логической переменной  $\tilde{P}$ , представляющей количественную оценку пожароопасности, и соответствующее значение лингвистической переменной  $VP$ , выражающей качественную оценку возможности возгорания. Например, возможно следующее значение атрибута **Пожароопасность**:  $\langle 0,1; \text{«Возможность пожара очень малая»} \rangle$ . Значение нечеткой логической переменной  $\tilde{P}$  вычисляется методами нечеткой логики на основе значений описательных атрибутов, характеризующих физико-химическое состояние объекта, и принимает действительные значения в диапазоне от 0 до 1; если атрибут *Наличие пламени* принимает значение 1, то  $\tilde{P}$  также принимает значение 1. Значение лингвистической переменной  $VP$  определяется ее термножеством  $T_{VP}$  и зависимостью от нечеткой логической переменной  $\tilde{P}$ . Если атрибут *Наличие пламени* принимает значение 1, то атрибут **Оценка пожароопасности** также принимает значение 1. Значения атрибутов **Длина преддетонационного участка** и **Время развития возможного взрыва** вычисляются на основе значений описательных атрибутов, характеризующих физико-химическое состояние объекта с помощью математических методов, развитых в работах . Значениями этих атрибутов являются положительные действительные числа.

Атрибут **Относительная взрывоопасность** представляет оценку возможности перехода пожара во взрыв. Значением этого атрибута является пара из числового значения нечеткой логической переменной  $\tilde{OV}$ , представляющего количественную оценку возможности возникновения взрыва при наличии возгорания, и соответствующего значения лингвистической переменной  $VPGV$  из термножества  $T_{VPGV}$ , выражающего качественную оценку такой возможности. Значения нечеткой логической переменной  $\tilde{OV}$  вычисляются методами нечеткой логики на основе значений остальных атрибутов, в том числе атрибута **Длина преддетонационного участка** и **Время развития возможного взрыва**, и находятся в диапазоне от 0 до 1 (как значения любой логической переменной). Атрибут **Взрывоопасность** представляет собой интегрированную оценку взрывоопасности объекта в данный момент времени как следствия его пожароопасности и возможности перерастания пожара во взрыв. Значения атрибута **Взрывоопасность** вычисляются методами нечеткой логики на основе значений атрибутов **Пожароопасность** и **Относительная взрывоопасность** и опять-таки представляются парой значений нечеткой переменной  $\tilde{V}$  и соответствующей лингвистической переменной  $VB$ .

Пусть открытое пространство может заполняться двухкомпонентной газовой смесью «кислород+горючий газ», тогда такой элементарный потенциально взрывоопасный объект графически представлен на Рис. 2.

<p>1. ОТКРЫТОЕ ПРОСТРАНСТВО (ОП)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* ID открытого пространства</li> <li>Горючий газ</li> <li>Давление</li> <li>Температура</li> <li>Концентрация горючего</li> <li>Температура воспламенения</li> <li>НКПВ</li> <li>ВКПВ</li> <li><i>Наличие пламени</i></li> <li>Пожароопасность</li> <li>Длина преддетонационного участка</li> <li>Время развития возможного взрыва</li> <li>Относительная взрывоопасность</li> <li>Взрывоопасность</li> </ul>
---

**Рис. 2. Графическое изображение элементарного ПВОО класса 1, соответствующего смеси кислорода с горючим газом**

**ПИТАННЯ ТЕОРІЇ, МЕТОДИ І АЛГОРИТМИ ЕФЕКТИВНОГО АВТОМАТИЧНОГО  
УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТИПУ**

ЭПВОО класса 2.а (бесконечный плоский канал) графически изображен на Рис. 3. По сравнению с объектом класса 1 добавлены еще 3 атрибута – **Ширина канала** (значения этого атрибута задаются), **Гладкость стенок** (возможные значения этого атрибута – «гладкая», «с шероховатостью», «с периодической шероховатостью» определяются нечетко) и **Гасящее расстояние** (значения этого атрибута рассчитываются по методике, описанной в главе 2). Значения атрибута **Гладкость стенок** непосредственно влияют на значения атрибутов **Длина преддетонационного участка** и **Время развития возможного взрыва**, а значения атрибутов **Ширина канала** и **Оценка гасящего расстояния** – на значение атрибута **Оценка пожароопасности**. Элементарный потенциально взрывоопасный объект класса 3.а (бесконечная круглая труба) графически изображается так же, но с заменой атрибута **Ширина канала** на атрибут **Диаметр трубы**.

**2.а. БЕСКОНЕЧНЫЙ КАНАЛ (БК)**

- \* ID бесконечного канала
- Ширина канала
- Гладкость стенок
- Вид горючей смеси
- Давление
- Температура
- Концентрация горючего
- .....
- Наличие пламени*
- Гасящее расстояние
- Пожароопасность
- Длина преддетонационного участка
- Время развития возможного взрыва
- Относительная взрывоопасность
- Взрывоопасность

**Рис. 3. Графическое изображение элементарного потенциально взрывоопасного объекта класса 2.а**

ЭПВОО класса 2.б (полукоткрытый плоский канал) графически изображен на Рис. 4.

**2.б. ПОЛУОТКРЫТЫЙ КАНАЛ (ПК)**

- \* ID полукоткрытого канала
- Ширина канала
- Длина канала
- Гладкость стенок
- Вид горючей смеси
- Давление
- Температура
- Концентрация горючего
- .....
- *Наличие пламени*
- Гасящее расстояние
- Пожароопасность
- Длина преддетонационного участка
- Время развития возможного взрыва
- Относительная взрывоопасность
- Взрывоопасность

**Рис. 4. Графическое изображение элементарного потенциально взрывоопасного объекта класса 2.б**

По сравнению с объектом класса 2.а в описании объекта 2.б добавлен еще один атрибут – **Длина канала**. ЭПВОО 2.в (закрытый канал) имеет те же атрибуты, что и ЭПВОО 2.б. ЭПВОО классов 3.б и 3.в (полукоткрытая и закрытая круглые трубы конечной длины) графически изображаются так же, как объект 2.а, но с заменой атрибутов **Ширина канала** и **Длина канала** на атрибуты **Диаметр трубы** и **Длина трубы** соответственно.



**ПИТАННЯ ТЕОРІЇ, МЕТОДИ І АЛГОРИТМИ ЕФЕКТИВНОГО АВТОМАТИЧНОГО  
УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТИПУ**

На Рис. 5 показано графическое изображение силоса с круглым сечением, идентифицированного как ЭПВОО класса 3.в (закрытая круглая труба), при этом роль длины трубы играет разность между высотой заполнения силоса и уровнем его заполнения. Для силоса нет смысла определять ВКПВ пылевоздушной смеси (он никогда не достигается) и оценивать гасящее расстояние (диаметр силоса заведомо превышает эту величину), зато существенную роль могут играть влажность и дисперсность пыли (средний размер пылевых частиц).

<p>3.в. СИЛОС(С)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* ID силоса</li> <li>• Диаметр силоса (Диаметр трубы)</li> <li>• Высота силоса (Длина трубы)</li> <li>• Уровень заполнения силоса</li> <li>• Гладкость стенок</li> <li>• Вид пылевоздушной смеси</li> <li>• Давление</li> <li>• Температура</li> <li>• Влажность</li> <li>• Дисперсность</li> <li>• Температура воспламенения</li> <li>• Концентрация пыли</li> <li>• НКПВ</li> <li>• Пожароопасность</li> <li>• Длина преддетонационного участка</li> <li>• Время развития возможного взрыва</li> <li>• Относительная взрывоопасность</li> <li>• Взрывоопасность</li> </ul>
--

**Рис. 5. Графическое изображение силоса как элементарного потенциально взрывоопасного объекта класса 3.в**

Для каждого класса ЭПВОО есть смысл определить Относительно взрывоопасный ЭПВОО (ОВ\_ЭПВОО) и Взрывоопасный ЭПВОО (В\_ЭПВОО). Под ОВ\_ЭПВОО подразумевается тот экземпляр ЭПВОО, для которого значение логической переменной  $\tilde{OB}$  из атрибута **Относительная взрывоопасность** имеет максимальное значение.

Если два или более экземпляра ЭПВОО имеют значение логической переменной  $\tilde{OB}$ , равное максимальному, то в качестве ОВ\_ЭПВОО выбирается тот, у которого наибольшее значение принимает логическая переменная  $\tilde{P}$  из атрибута **Пожароопасность**. В случае равенства и этого показателя в качестве ОВ\_ЭПВОО выбирается любой из экземпляров. ОВ\_ЭПВОО как объект имеет всего один экземпляр.

В общем случае ОВ\_ЭПВОО изображен графически на Рис. 6.

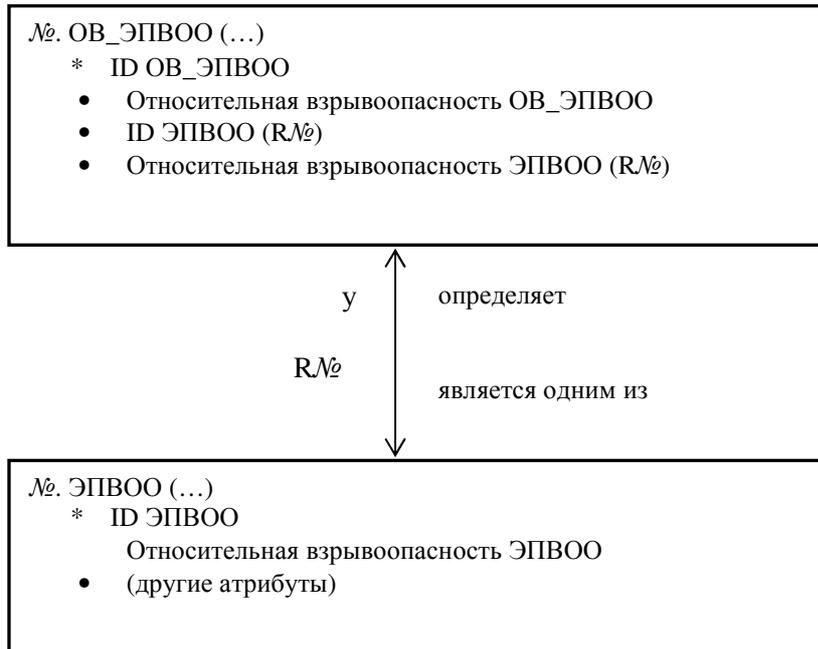
<p>№. ОВ_ЭПВОО (...)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* ID ОВ_ЭПВОО</li> <li>• Относительная взрывоопасность ОВ_ЭПВОО</li> <li>• ID ЭПВОО (R№)</li> <li>• Относительная взрывоопасность ЭПВОО (R№)</li> </ul>
---

**Рис. 6. Графическое изображение ОВ\_ЭПВОО в общем виде**

Между ОВ\_ЭПВОО и ЭПВОО установлена условная связь один-к-одному (1:1) [4], обозначенная как R№ и изображенная на Рис. 7. Атрибуты **ID ЭПВОО** и **Относительная взрывоопасность ЭПВОО** являются вспомогательными атрибутами ОВ\_ЭПВОО и указывают на эту связь. При этом значение атрибута **\*ID ОВ\_ЭПВОО** совпадает со значением **ID ЭПВОО**, а значение атрибута **Относительная взрывоопасность ОВ\_ЭПВОО** совпадает со значением атрибута **Относительная взрывоопасность ЭПВОО**.

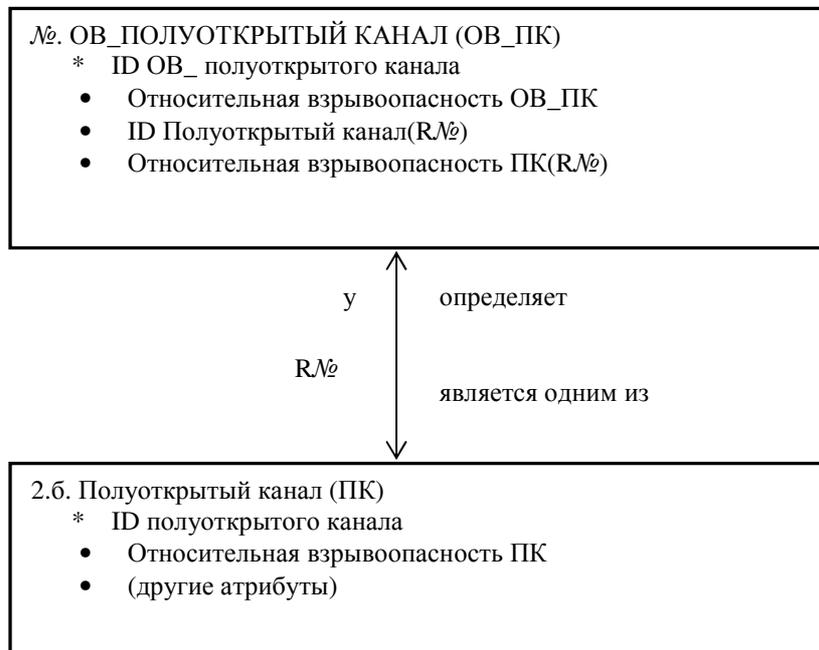


**ПИТАНИЯ ТЕОРИИ, МЕТОДИ И АЛГОРИТМИ ЭФЕКТИВНОГО АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧНОГО ТИПУ**



**Рис. 7. Общий вид связи ОВ\_ЭПВОО и ЭПВОО**

Например, если ЭПВОО объект класса 2.б, т.е. полукрытый канал (ПК), то можно выделить Относительно взрывоопасный Полуоткрытый канал (ОВ\_ПК) и установить между ПК и ОВ\_ПК связь, изображенную на Рис. 8.



**Рис. 8. Связь ОВ\_ПК и ПК**

Между ОВ\_ЭПВОО и ЭПВОО установлена условная связь один-к-одному (1:1) [4], обозначенная как R/M и изображенная на Рис. 9. Атрибуты **ID ЭПВОО** и **Относительная взрывоопасность ЭПВОО** являются вспомогательными атрибутами ОВ\_ЭПВОО и указывают на эту связь. При этом значение атрибута **\*ID**



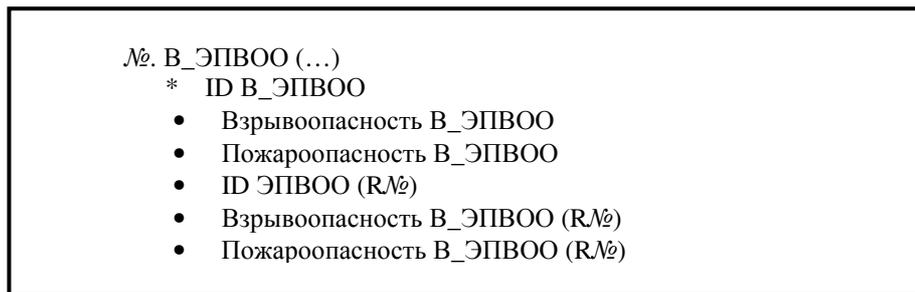
**ПИТАНИЯ ТЕОРИИ, МЕТОДИ І АЛГОРИТМИ ЕФЕКТИВНОГО АВТОМАТИЧНОГО  
УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТИПУ**

**ОВ\_ЭПВОО** совпадает со значением **ID ЭПВОО**, а значение атрибута **Относительная взрывоопасность ОВ\_ЭПВОО** совпадает со значением атрибута **Относительная взрывоопасность ЭПВОО**.

Под **В\_ЭПВОО** подразумевается тот экземпляр **ЭПВОО**, для которого значение логической переменной  $\tilde{B}$  из атрибута **Взрывоопасность** имеет максимальное значение. Если два или более экземпляра **ЭПВОО** имеют значение логической переменной  $\tilde{B}$ , равное максимальному, то в качестве **В\_ЭПВОО** выбирается тот, у которого наибольшее значение принимает логическая переменная  $\tilde{P}$  из атрибута **Взрывоопасность**. В случае равенства и этого показателя в качестве **В\_ЭПВОО** выбирается любой из экземпляров.

**В\_ЭПВОО** как объект имеет всего один экземпляр.

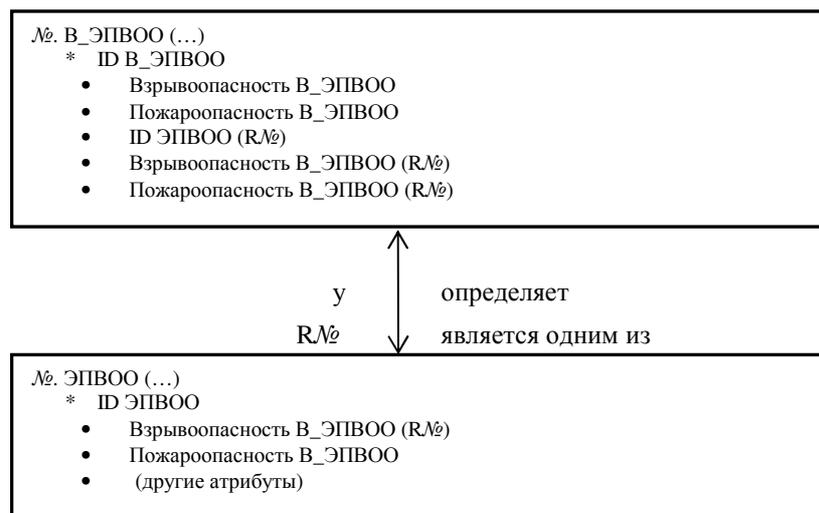
В общем случае **В\_ЭПВОО** изображен графически на Рис. 9.



**Рис. 9. Графическое изображение **В\_ЭПВОО** в общем виде**

Между **В\_ЭПВОО** и **ЭПВОО** установлена условная связь один-к-одному (1:1) [4], обозначенная как  $R\mathcal{N}$  и изображенная на Рис. 10. Атрибуты **ID ЭПВОО**, **Взрывоопасность ЭПВОО** и **Пожароопасность ЭПВОО** являются вспомогательными атрибутами **В\_ЭПВОО** и указывают на эту связь. При этом значение атрибута **\*ID В\_ЭПВОО** совпадает со значением **ID ЭПВОО**, значение атрибута **Взрывоопасность В\_ЭПВОО** совпадает со значением атрибута **Взрывоопасность ЭПВОО**, а значение атрибута **Пожароопасность В\_ЭПВОО** совпадает со значением атрибута **Пожароопасность ЭПВОО**.

В принципе **ОВ\_ЭПВОО** и **В\_ЭПВОО** можно рассматривать в некотором смысле как ассоциативные объекты, созданные для формализации связей между **СПВОО** и **ЭПВОО** – связей, в которых существует конкуренция [4]. Конкуренция состоит в том, что взрывоопасность **СПВОО** определяется как взрывоопасность максимально взрывоопасного **ЭПВОО**, а относительная взрывоопасность **СПВОО** определяется как относительная взрывоопасность наиболее относительно взрывоопасного **ЭПВОО**. При этом требуется фиксировать, какой именно из **ЭПВОО** является максимально взрывоопасным (**В\_ЭПВОО**), а какой – наиболее относительно взрывоопасным (**ОВ\_ЭПВОО**).



**Рис. 10. Общий вид связи **В\_ЭПВОО** и **ЭПВОО****

**ПИТАННЯ ТЕОРІЇ, МЕТОДИ І АЛГОРИТМИ ЕФЕКТИВНОГО АВТОМАТИЧНОГО  
УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТИПУ****Выводы**

Таким образом, произведена идентификация концептуальных сущностей, или объектов, которые составляют подсистему для анализа [4]. Идентифицированы ЭПВОО (с их атрибутами и связями). На следующем этапе разработки информационной модели системы необходимо создать (в самом общем виде) графическое изображение СПВОО, состоящего из различных ЭПВОО.

**Литература**

1. Волков В.Э. Информационная модель потенциально взрывоопасного объекта. Часть 1 //Автоматизация технологических и бизнес-процессов, 2012. – №№9-10, июнь 2012. – С. 3-11.
2. Ладанюк А.П. Основы системного анализа: Навч. посібник. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 176 с.
3. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений / Г. Буч, Р.А. Максимчук, М. У. Энгл и др. – М: ООО «И.Д. Вильямс», 2008. – 720 с.
4. Шлеер С., Меллор С. Объектно-ориентированный анализ: Моделирование мира в состояниях. – К.: Диалектика, 1993. – 240 с.
5. Aslanov S. On the instability and cell structure of flames /S. Aslanov, V. Volkov //Archivum combustionis. – 1992. – Vol. 12, Nr. 1-4. – P. 81-90.
6. Aslanov S.K. Instability and Structure of Detonation in a Model Combustor /S.K. Aslanov, V.E. Volkov //Application of Detonation to Propulsion. – Moscow: TORUS PRESS, 2004.– P.17-25.
7. Волков В.Э. Неустойчивость пламени в цилиндрических трубах и взрывные процессы на зерноперерабатывающих предприятиях //Зернові продукти і комбікорми, 2007. – №1, березень 2007. – С. 43-45.
8. Volkov V.E. Instability of Flames in Cylindrical Tubes and Combustors // Nonequilibrium Processes: Plasma, Combustion and Atmospheric Phenomena. Third International Symposium of Nonequilibrium Processes, Plasma, Combustion and Atmospheric Phenomena. Abstracts of presentations. – Moscow: TORUS PRESS, 2007. – P.46.
9. Волков В.Э. Переход горения в детонацию //Екологічна безпека. – Кременчук: КДПУ, 2008. – Вип.3-4, 2008. – С. 92-96.
10. Волков В.Э. Управление процессом перехода медленного горения во взрыв //Автоматизация технологических и бизнес-процессов, 2010. – №2, июнь 2010. – С. 5-13.
11. Волков В.Э. Неустойчивость пламени в идеальной сжимаемой среде и переход медленного горения во взрыв //Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса, 2010. – Вип. 38. Т.1. – С. 325-332.

**НОВОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ**

**В Санкт-Петербурге завершилась выставка «АВТОМАТИЗАЦИЯ 2012»**, где были представлены примеры промышленной автоматизации и внедрения информационных и компьютерных технологий в промышленную сферу.

Более 60 отечественных и зарубежных производителей промышленной автоматики и робототехники продемонстрировали свою продукцию. Среди 6000 гостей мероприятия были энергетики, электротехники, радиотехники, профессионалы в области информационных технологий и другие специалисты, заинтересованные в автоматизации своей отрасли.

