

# Система поддержки принятия решений по вопросам взрывобезопасности силосов и силосных корпусов зерновых и зерноперерабатывающих предприятий

В.Э. Волков<sup>1</sup>

*Аннотация* – Decision support system on questions of hazards of industrial explosions is considered.

*Ключевые слова* – взрыв, силос, элеватор, оценка взрывоопасности силосов, интеллектуальная система поддержки принятия решений, программный комплекс.

## I. ВВЕДЕНИЕ

Взрывы на предприятиях пищевой и зерноперерабатывающей промышленности являются преимущественно пылевыми взрывами (взрываются мучная пыль, сахарная пудра и т.п.). Переработка зерна и производство комбикормов связаны с измельчением, дроблением, истиранием и смешиванием органических веществ растительного и животного происхождения. Это приводит к образованию в больших количествах производственных пылей из органических горючих веществ. На всех этапах производственных процессов, включая хранение и транспортирование, возможно возникновение пожаровзрывоопасных пылевоздушных смесей (ПВС). Значительная часть первичных пылевых взрывов на элеваторах, зерноперерабатывающих предприятиях и комбикормовых заводах происходит в силосах и бункерах. На основе разработанных ранее теоретических положений и алгоритмов [1,2] создан программный комплекс для оценки взрывоопасности силосов элеваторов и других предприятий зерновой промышленности. Программный комплекс SilosOtdelnyi разработан в среде визуального программирования Visual Basic и может быть легко адаптирован для среды программирования VBA.

## II. ОСНОВНЫЕ РЕШЕНИЯ

Программный комплекс SilosOtdelnyi:

- 1) производит нечеткую оценку пожароопасности силоса;
  - 2) рассчитывает длину преддетонационного участка и время возможного перехода пожара (если возгорание возможно в принципе) во взрыв;
  - 3) производит нечеткую оценку взрывоопасности силоса (на основе нечеткой оценки пожароопасности 1) и расчетов 2)).
- Оценку возможности детонации больших объемов аэрозвеси мучной пыли и подобных ей ПВС в силосах, а также оценку возможности "локальной" детонации (в виде кратковременной детонационной вспышки и т. п.)

программный комплекс SilosOtdelnyi не производит, хотя произвести такую оценку вполне возможно. Впрочем, взрывы на зерновых и зерноперерабатывающих предприятиях в подавляющем большинстве случаев являются дефлаграционными, а не детонационными.

Программный комплекс SilosOtdelnyi применим для различных видов органической пыли, содержащейся в силосах. Список видов пыли, обрабатываемых данной программой, легко может быть расширен.

Данный программный комплекс позволяет производить нечеткую оценку взрывоопасности не только силосов, но и бункеров, а также ряда других видов зернохранилищ [6].

Все расчеты производятся в предположении, что пыль является монодисперсной. При этом пылевоздушная смесь (ПВС) рассматривается как квазигомогенная среда, т.е. как среда, которую можно приближенно считать гомогенной, «размазывая» по газовому воздушному пространству твердые частицы пыли и осредняя параметры потока.

Предполагается, что силосы имеет квадратную, прямоугольную или круглую форму поперечного сечения. Более сложные формы поперечного сечения силосов встречаются относительно редко, кроме того, оценка взрывоопасности таких силосов может быть сведена к оценке взрывоопасности силосов с указанными выше формами поперечного сечения.

Силос, таким образом, можно моделировать либо как плоский канал (квадратное или прямоугольное сечение), либо как круглую цилиндрическую трубу.

Исходными данными для расчетов служат:

- 1) концентрация пыли;
- 2) дисперсность пыли;
- 3) влажность;
- 4) температура (в предположении, что давление близко к нормальному атмосферному, как это и имеет место в реальности).

Перечисленные данные пользователь может варьировать самостоятельно, если решение по вопросам взрывоопасности силоса принимается на стадии проектирования элеватора. Если же решение по вопросам взрывоопасности силоса принимается в режиме его эксплуатации, то исходные данные могут быть получены как результат стандартных измерений.

Программный комплекс SilosOtdelnyi позволяет производить оценку взрывоопасности как

<sup>1</sup> Одесская национальная академия пищевых технологий, ул. Канатная, 112, Одесса, 65039, Украина, E-mail: viktor@te.net.ua

железобетонных силосов (монолитных или сборной конструкции) [3], так и металлических силосов с круглым поперечным сечением [3]. Геометрические параметры силосов можно задавать самостоятельно, однако особо выделены возможности оценки взрывобезопасности железобетонных силосов, построенных по типовым проектам (монолитные железобетонные силосы диаметром 6 м из силосных корпусов СКМ-6, СКМФ-6-18 или СКМФ-6-48 [3], монолитные железобетонные силосы диаметром 9 м из силосных корпусов СКМФ-9-15 [3], железобетонные силосы сборной конструкции с поперечным прямоугольным сечением 3х3 м из силосных корпусов СКР-3х3 или СКС-3х3 [3], железобетонные силосы сборной конструкции диаметром 6 м из силосных корпусов СКС-6-48 [3]).

### III. ВЫВОДЫ

Серия расчетов, произведенных при помощи программного комплекса SilosOtdelnyi, подтверждает вполне очевидные теоретические положения и экспериментальные данные [4–7] о том, что с падением температуры и с ростом влажности ПВС становится менее пожароопасной (растет нижний концентрационный предел воспламенения) и менее взрывоопасной (растет протяженность преддетонационного участка и, соответственно, увеличивается время перехода пожара во взрыв, если такой переход имеет место).

Расчеты подтверждают также вполне очевидный факт [4–7], что с уменьшением размеров частиц пыли растет взрывоопасность ПВС.

Расчеты подтверждают также парадокс, описанный нами ранее [1,2]: при низкой пожароопасности ПВС ее взрывоопасность может быть весьма высокой (в данном случае это означает, что в ряде случаев при уменьшении концентрации пыли вблизи нижнего концентрационного предела воспламенения сокращается протяженность преддетонационного участка и, соответственно, уменьшается время перехода пожара во взрыв, если воспламенение ПВС все же имеет место).

Сравнение силосов различных типов в смысле их взрывобезопасности позволяет заключить, что при прочих равных условиях:

1) железобетонные сборные силосы несколько более взрывоопасны, чем железобетонные монолитные силосы;

2) железобетонные сборные силосы из ребристых объемных элементов [3] более взрывоопасны, чем железобетонные сборные силосы из гладких объемных элементов [3];

3) металлические силосы, возводимые методами рулонирования и навивки [3], значительно более взрывоопасны, чем железобетонные силосы; по сути дела, в металлических силосах большой вместимости в случае возникновения пожара его переход во взрыв практически неизбежен и происходит в течение минимального промежутка времени.

Оценка взрывоопасности отдельных силосов является основой оценки взрывоопасности силосных корпусов и элеваторов, которые рассматриваются как потенциально

взрывоопасные объекты (сложные системы), а отдельные силосы при этом рассматриваются как элементарные потенциально взрывоопасные объекты [8,9]. Отметим, что в этом случае немаловажную роль играет общая компоновка силосов в силосных корпусах.

Программный комплекс SilosOtdelnyi может служить основной составной частью интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР) по вопросам взрывобезопасности и взрывозащиты. Программный комплекс SilosOtdelnyi подтверждает также сформулированное нами ранее весьма общее утверждение [1,2] о том, что корректность применения модели принятия решений в условиях неопределенности значительно повышается, если эта модель сочетается с классической моделью принятия решений. Применение последней требует упрощения математической модели самой сложной системы. Такой подход оправдан в первую очередь для управления сложными физико-химическими и техническими системами.

### СПИСОК ССЫЛОК

- [1] Волков В.Э., Жуковский Э.И. Проблемы управления взрывобезопасностью промышленных и транспортных объектов // Доклады XV-ой международной научной конференции по автоматическому управлению «Автоматика-2008», 23-26 сентября 2008 г., Одесса, Украина. В 3-х томах. Т.1. Одесса: ОНМА, 2008. – С.96-99.
- [2] Volkov V.E. Decision Support Systems on Hazards of Industrial Explosions // Seventh International Symposium on Hazards, Prevention and Mitigation of Industrial Explosions: Thirteenth International Colloquium on Dust Explosions & Eighth Colloquium on Gas, Vapor, Liquid, and Hybrid Explosions. St. Petersburg, Russia. July 7-11, 2008. – St. Petersburg, 2008. – Vol.3. – P.343-347.
- [3] Вобликов Е.М. Зернохранилища и технологии элеваторной промышленности. – СПб.: Издательство «Лань». – 2005. – 208 с.
- [4] Васильев Я.Я., Семенов Л.И. Взрывобезопасность на предприятиях по хранению и переработке зерна. – М.: Колос. – 1983. – 224с.
- [5] Нетлетон М. Детонация в газах. – М.: Мир, 1989. – 280 с.
- [6] Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Ч.1. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 464с.
- [7] Семенов Л.И., Теслер Л.А. Взрывобезопасность элеваторов, мукомольных и комбикормовых заводов. – М.: Агропромиздат. – 1991. – 367 с.
- [8] Волков В.Э. Принятие решений по вопросам взрывобезопасности на основе нечеткой логики // Матеріали Третьої міжнародної науково-технічної конференції «Комп'ютерна математика в інженерії, науці та освіті» (CMSEE-2009), м. Полтава, 1– 31 жовтня 2009 р. – Київ: Вид-во НАН України, 2009. – С. 33.
- [9] Волков В.Э. Алгоритм оценки взрывоопасности системы // V Международная конференция «Стратегия качества в промышленности и образовании», 6-13 июня 2009 г., Варна, Болгария. Материалы. в 2-х томах. Т.2. – Дніпропетровськ - Варна, 2009. – С.675-678.