

Технические науки

УДК 004.94+681.5+664.7

Попов Афанасий Сергеевич

аспирант кафедры компьютерных систем и управления бизнес-процессами

Одесская национальная академия пищевых технологий

Popov A.S.

post-graduate of the department of computer systems and business control

Odessa National Academy of Food Technologies

**ГРАФОВАЯ МОДЕЛЬ ВОЗМОЖНОГО РАЗВИТИЯ ВТОРИЧНОГО
ВЗРЫВА НА ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ
GRAPH MODEL FOR POSSIBLE DEVELOPMENT OF SECONDARY
EXPLOSION AT THE GRAIN PROCESSING ENTERPRISE**

Аннотация: На основе теории графов и нечеткой логики построена модель возможного развития вторичного взрыва на зерноперерабатывающем предприятии.

Ключевые слова: граф, нечеткая логика, взрыв, зерноперерабатывающее предприятие.

Summary: Model for possible development of secondary explosion at the grain processing enterprise is constructed on the base of graph theory and fuzzy logic.

Key words: graph, fuzzy logic, explosion, grain processing enterprise.

Ежегодное количество взрывов на зерносберегающих и зерноперерабатывающих предприятиях исчисляется сотнями. Одна из причин возникновения столь значительного числа взрывов – отсутствие математических моделей, позволяющих адекватно оценивать возможность развития взрывных процессов при реализации технологий хранения и переработки зерна.

В ряде работ [1–6] рассмотрена проблема оценки взрывоопасности как отдельных объектов зерноперерабатывающего предприятия, так и самого предприятия в целом. Приведенный в этих работах метод нечеткого оценивания взрывоопасности базируется не на оценках экспертов (которые всегда субъективны), а на классической математической теории перехода горения во взрыв. Полученные таким образом результаты позволяют оценить относительную взрывоопасность – то есть возможность перехода горения во взрыв при возникновении случайного возгорания – отдельных объектов зерноперерабатывающего предприятия (силосов, бункеров, норий, надсилосных и подсилосных галерей, систем аспирации и т.п.) и выделить наиболее взрывоопасный объект. Оценка относительной взрывоопасности наиболее взрывоопасного объекта при этом принимается за оценку взрывоопасности предприятия в целом.

Оценки взрывоопасности, приведенные в работах [1–6], относятся только возможности возникновения первичных взрывов. Представляет, однако, интерес оценка возможности возникновения на зерноперерабатывающем предприятии вторичного взрыва при наличии первичного. Исследование этой проблемы является **целью настоящего исследования**.

Для решения поставленной задачи зерносберегающее или зерноперерабатывающее предприятие моделируется неориентированным взвешенным графом [7,8]. Вершинам графа соответствуют отдельные объекты предприятия, которые рассматриваются как элементарные потенциально взрывоопасные объекты. Для каждого из этих объектов задана нечеткая оценка возможности взрыва – в этом смысле данный граф является нечетким графом [9]. Нечеткая оценка возможности взрыва объекта зерноперерабатывающего предприятия является, таким образом, весом соответствующей вершины графа.

Две вершины графа являются смежными, т.е. соединены ребром, если существует принципиальная возможность возникновения вторичного взрыва на объекте, соответствующем одной из вершин при слабом первичном взрыве на объекте, соответствующем другой вершине графа. Очевидно, что построенный таким образом граф может не быть связным.

Весу каждого ребра графа соответствует нечеткая оценка возможности проникновения слабой ударной волны или пламени из элементарного потенциально взрывоопасного объекта, моделируемого одним из концов данного ребра, в другой элементарный потенциально взрывоопасный объект, который моделируется другим концом данного ребра. Нечеткий вес каждого ребра определяется оценкой мощности первичного взрыва и характером «соседства» объектов, соответствующих концам ребра: представляется важным, как именно соединены объекты, связывают ли их коридоры и галереи, есть ли между ними легкобрасываемые конструкции, какова прочность разделяющих стенок и т.п.

Например, рассмотрим элеватор, в состав которого входят рабочее здание (1), силосный корпус из 18 силосов (2,3,...,19), нория (20), надсилосная (21) и подсилосная (22) галереи, зерносушилка (23), оперативный бункер (24), бункер отходов (25), аспирационная шахта (26), шахта лифта (27); здесь в скобках указаны номера, соответствующие вершинам графа, а сама компоновка сооружений элеватора значительно упрощена. Если люк силоса открыт, то силос соединен с надсилосной галереей, при этом такой силос и надсилосная галерея представляют собой смежные вершины графа. Если открыто выходное отверстие силоса (силос пуст), то он соединен с подсилосной галереей; при этом силос и подсилосная галерея представляют собой смежные вершины графа. Закрытые силосы можно рассматривать как изолированные вершины

графа [7,8]. Соответствующий граф может иметь вид, указанный на Рис.1, который носит схематично-иллюстративный характер.

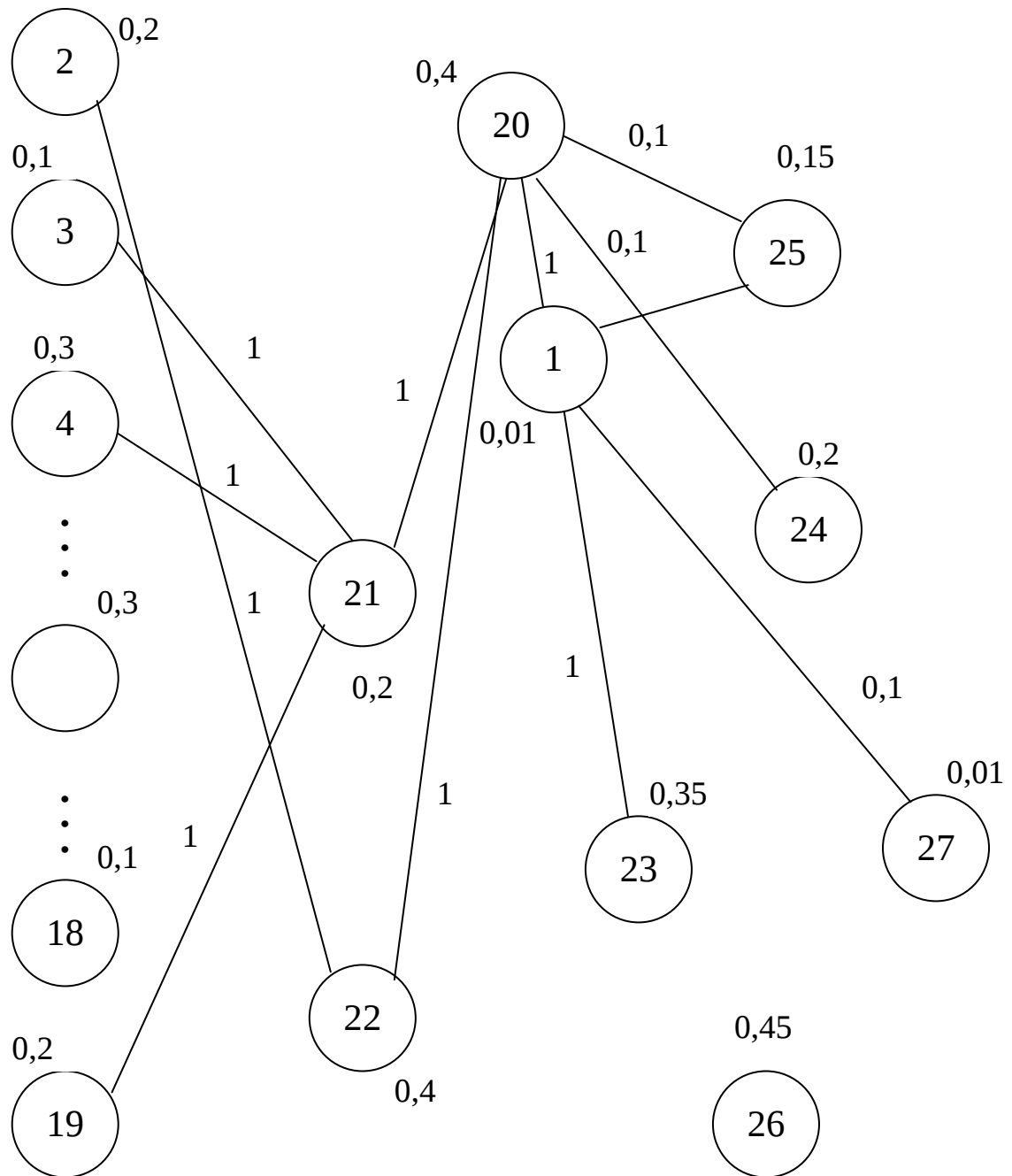


Рис.1. Граф оценки состояний взрывоопасности объектов элеватора

На Рис.1 возле каждой вершины графа указан ее вес – число, которое может изменяться в пределах от нуля до единицы и представляет собой нечеткую оценку (на данный момент времени) относительной

взрывоопасности объекта, соответствующего этой вершине. В соответствии с Рис.1 наиболее взрывоопасны нория (20) и аспирационная шахта (26). Возле каждого ребра графа также указан его вес – число от нуля до единицы, выражающее возможность перехода взрыва от одного объекта к другому.

Оценка возможности вторичного взрыва на некотором объекте зерноперерабатывающего предприятия при первичном взрыве на другом объекте определяется на базе решения двух классических задач из теории графов [7,8]:

- 1) задачи о связности графа;
- 2) задачи о кратчайшем пути (кратчайшей цепи) в графе.

Очевидно, что если не существует пути (маршрута) соединяющего две вершины графа, т.е. если эти две вершины несоединимы, то при возникновении первичного взрыва на объекте, соответствующем одной из этих вершин, на объекте, соответствующем другой вершине, вторичный взрыв не возникнет (нулевая оценка возможности вторичного взрыва). Если же две вершины графа соединимы, то при возникновении первичного взрыва на объекте, соответствующем одной из этих вершин, возможность возникновения вторичного взрыва на объекте, соответствующем другой вершине, отлична от нуля.

Конкретное значение нечеткой оценки возможности вторичного взрыва определяется на основе решения задачи о кратчайшем пути (кратчайшей цепи) между вершиной, соответствующей объекту, подверженному первичному взрыву, и вершиной, соответствующей объекту, для которого производится оценка возможности вторичного взрыва. При этом все вершины в связном графе, кроме исходной и конечной, заменяются ребрами с весами, равными весам этих вершин. В качестве нечеткой оценки возможности вторичного взрыва объекта, соответствующего вершине, кратчайший путь к которой вычисляется,

можно принять отношение длины кратчайшего пути к числу ребер в этом пути, умноженное на вес этой вершины, т.е. на величину нечеткой оценки первичного взрыва данного объекта. Задача о кратчайшем пути решена по алгоритму Дейкстры (Dijkstra) [10], хотя, учитывая относительно небольшое число вершин и ребер графа, в данном случае вполне уместен и сквозной счет.

Технологические процессы хранения и переработки зерна моделируются как последовательность этапов, разделенных важными технологическими или организационными операциями (такими, например, как загрузка зерна в силосы, аспирация, зачистка или влажная уборка). Каждому этапу соответствует граф описанного выше типа. Переход от одного этапа к другому изменяет веса вершин и ребер графа. Сам граф также может изменяться за счет добавления одних ребер и исключения других; например, удаление на Рис.1 ребра графа, соединяющего вершины 2 и 22 означает наполнение силоса (2) и закрытие его выходного отверстия; подобные операции, естественно, могут изменять связность графа. Отметим, что вершины графа (но не их веса!) остаются неизменными. Добавление или удаление вершин графа возможно только в результате принципиальной реконструкции предприятия (например, при введении в эксплуатацию новых силосов). Таким образом, для любого этапа технологического процесса осуществляется переоценка возможности возникновения вторичных взрывов на каждом объекте предприятия, а также пересматриваются возможные сценарии развития взрыва.

Выводы. Решение приведенной выше задачи позволяет существенным образом дополнить и усовершенствовать систему интеллектуальной поддержки принятия решений по вопросам взрывобезопасности на зерноперерабатывающих предприятиях. Это дает возможность:

- определять наиболее эффективные средства и способы (как технические, так и организационные) обеспечения взрывобезопасности зерноперерабатывающего предприятия;
- определять управляющие воздействия, препятствующие развитию взрыва путем недопущения или подавления вторичных взрывов;
- определять исполнительные механизмы для реализации этих управляющих воздействий.

Литература:

1. Волков В.Э. Теоретические проблемы взрывобезопасности на предприятиях по хранению и переработке зерна / В.Э. Волков, А.С. Попов // Тез. докл. V-ой международной научно-практической конференции «Хлебопродукты-2005». – Одесса. – 2005. – С.125.
2. Волков В.Э. Алгоритм оценки взрывобезопасности элеватора / В.Э.Волков, А.С. Попов //Пищевая наука и технология, 2009. – №1, март 2009. – С. 91-93.
3. Попов А.С. Построение систем поддержки принятия решений по вопросам взрывобезопасности на предприятиях по хранению и переработке зерна // Сборник научных трудов международной научной конференция «Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного интеллекта (ISDMCI-2009)», 18-22 мая 2009 г., Евпатория, Украина. В 2-х томах. Т.1. Херсон: ХНТУ, 2009. – С.207-210.
4. Волков В.Э. Алгоритмы нечеткой оценки взрывоопасности зерноперерабатывающих предприятий //Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технічними комплексами», Київ, 26-27 листопада 2009 р. – Київ: НУХТ, 2009. – С. 51-52.

5. Волков В.Э. Нечеткая оценка взрывоопасности силосов и силосных корпусов /В.Э.Волков, Н.А.Макоед // Сборник научных трудов международной научной конференции «Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного интеллекта (ISDMCI-2011)», 16-20 мая 2011 г., Евпатория, Украина. В 2-х томах. Т.1. Херсон: ХНТУ, 2011. – С.59-62.

6. Волков В.Э. Программа оценки взрывоопасности силоса //Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса, 2014. – Вип. 46. Т.1. – С. 229-235.

7. Берж К. Теория графов и ее приложения. – М.:ИЛ, 1962. – 320 с.

8. Оре О. Теория графов. – М.: Наука, 1980. – 336 с.

9. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. – М: Радио и связь, 1982. – 432 с.

10. Таха Х.А. Введение в исследование операций. – М: Издательский дом "Вильямс", 2007. – 912 с.