

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 622.272.6: 519.21

В. О. Торро, А. В. Ремезов

ВОЗМОЖНОСТЬ УСТАНОВЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ТРЕБОВАНИЙ НАДЁЖНОСТИ

В настоящее время установление количественных требований по надёжности (а именно: различные характеристики безотказности, долговечности, ремонтопригодности, сохраняемости, исправности, неисправности, работоспособности, неработоспособности, предельного состояния и др.) актуально при создании любой технической и технологической системы. Это является базой для обоснованного проектирования системы с учётом степени фактической значимости участия каждого из элементов системы в её функционировании. Расчёты надёжности проводятся на различных этапах разработки, создания и эксплуатации объектов. На начальном этапе необходимо определить структуру системы и порядок её функционирования.

Система – объект, представляющий собой совокупность элементов, взаимодействующих в процессе выполнения определённого круга задач и взаимосвязанных функционально.

Элемент – объект, представляющий собой простейшую часть системы, отдельные части которого не представляют самостоятельного интереса в рамках конкретного рассмотрения. [1, с. 15]

Технологическая система - понятие более ёмкое, чем технология, но следует помнить, что и технология тоже достаточно сложная дефиниция. Например, по А. С. Астахову, технология включает два компонента, «материально-вещественную» и «комплекс знаний, умений и организационных принципов» [2, с. 191], совокупность технических и организационных средств, соединенных в некоторую производственную систему. В этой связи мы можем аналогично проецировать и понимать технологическую систему шахты как совокупность материально-вещественных элементов шахты, комплекса знаний и организационных принципов в сочетании и взаимосвязи с необходимыми трудовыми и энергетическими ресурсами, обеспечивающими эффективное и стабильное функционирование угольной шахты.

Более кратко мы определяем технологическую систему шахты, как систему преобразования полезного ископаемого в горном массиве в товарную продукцию определенного качества. Исходя из этого, мы можем, определить технологическую систему шахты необходимым и достаточным ко-

личеством основных и вспомогательных элементов, дающих неискаженное представление об угольной шахте, как сложной производственно-технологической системе. Графическая модель технологической системы шахты (по принципу входы-выходы), имеет вид (см. рис. 1).

От эффективности и масштабов функционирования основного технологического элемента технологической системы шахты - очистного забоя и его характерных особенностей коренным образом определяется вся шахта - как сложная производственно-технологическая система. [3, с.45, 46]

Таким образом, система рассматривается как комплекс элементов прямо или косвенно связанных между собой, в ряде случаев взаимозависимых, в то же время зависящих от внешних факторов - основных и вспомогательных.

Степень значимости их влияния на состояние системы (определяющая роль) будет зависеть от их места и роли, которую они играют в функционировании системы в тот или иной временной период. Однако из всей системы можно выделить совокупность физических и виртуальных систем и средств, важных для шахты в такой мере, что их выход из строя либо уничтожение может привести к губительным последствиям для производственного процесса в целом. Это можно определить, как критическую инфраструктуру. Аварии и инциденты, происходящие на шахтах, редко ограничиваются только поражением основных элементов технологической схемы. Одним из основных факторов поражения и наиболее значимым является критическая (живая) инфраструктура, выведение из строя или уничтожение которой может привести к ущербу сопоставимому с поражением всех элементов технологической схемы.

Критическая инфраструктура представляет собой массив материальных активов производственных мощностей, средств доставки, классифицированных по различным секторам. Причём объекты инфраструктуры объединены связями различной природы. Можно представить следующую классификацию взаимосвязей между объектами критической инфраструктуры: физическая, кибернетическая, географическая (топологическая), логическая. [5] Но всё – таки наиболее полной пред-

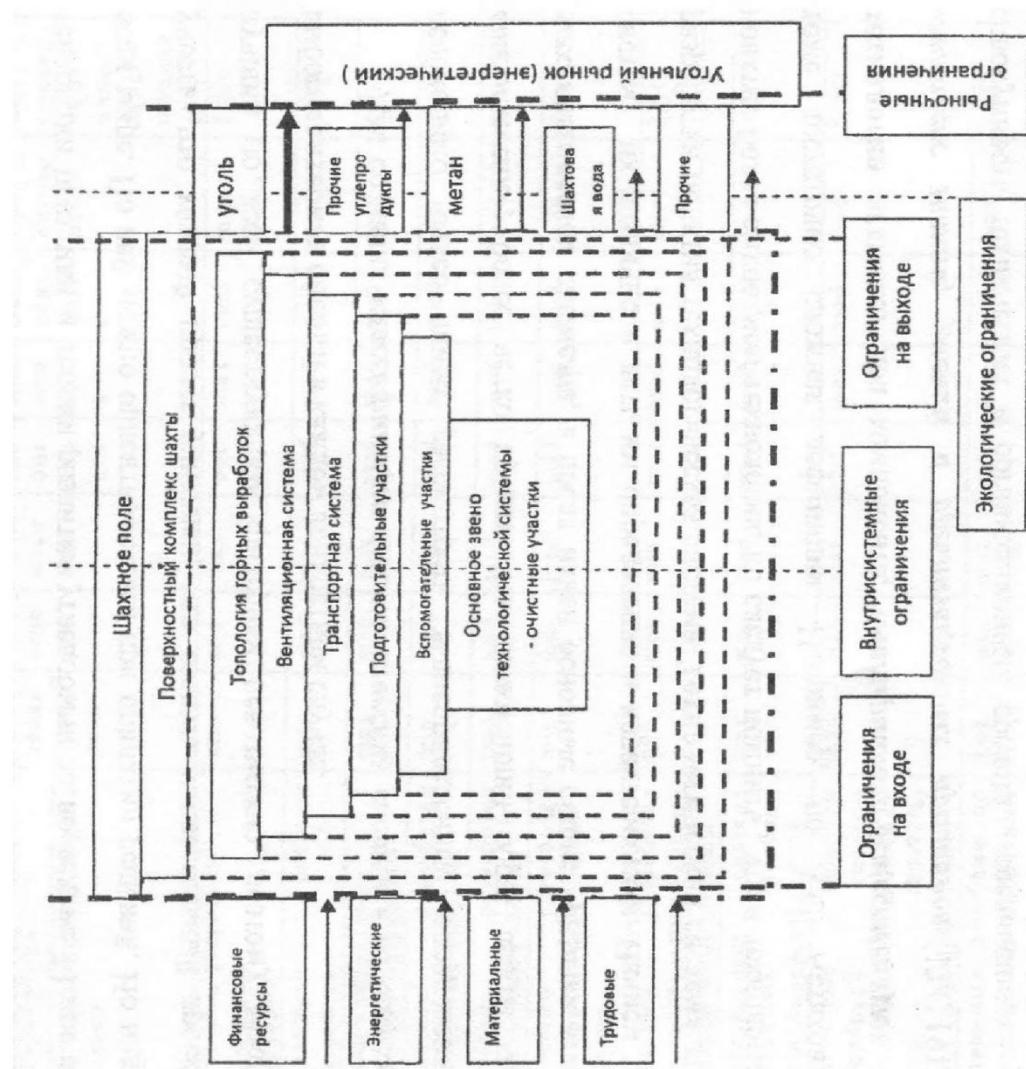


Рисунок 1 – Графическая модель технологической системы шахты (по принципу входы – выходы)

ставляется следующая классификация связей:

Физическая – определяющая инженерную взаимозависимость между объектами. Так, выход из строя линии электропередач ведет к обесточиванию всего объекта и отключению всех видов электро- и электронного оборудования внутри его.

Информационная – зависимость от информационного обмена (потока информации) между объектами. Например, выход из строя системы диспетчерского контроля и сбора данных не станет непосредственной причиной перебоев с подачей электроэнергии. Сначала произойдет потеря управления элементами сети и только потом возникают перегрузки или чрезвычайные ситуации.

Геопространственная – взаимозависимость возникает в результате совместного расположения компонентов инфраструктуры на местности. Например, наводнение или пожар выводит из строя все размещенные на площади стихийного бедствия объекты сети.

Процедурная (политическая) – подобная взаимозависимость возникает при каком – либо изменении (происшествии) в одном из компонен-

тов сектора инфраструктуры и влечёт за собой воздействие на объекты других секторов. Например, любая крупная авария в шахте, повлекшая за собой человеческие жертвы, приводит к проведению проверок состояния угольных предприятий отрасли на предмет недопущения подобных происшествий. Что в свою очередь влияет на рабочий ритм предприятия.

Социальная – такая взаимозависимость может выражаться через социальные факторы: общественное мнение, общественное доверие, страх и др. Даже если между секторами инфраструктуры нет физической взаимосвязи, последствия событий в одном из них могут оказывать влияние на другие. Подобные воздействия (взаимозависимости) могут быть кратковременными или отложенными. Например, аварии, происходящие на предприятиях с подземной добычей, негативно влияют на общественное мнение, в результате чего утрачивается престиж профессии, в ряде случаев необоснованно закрывается ряд предприятий, связанных с подземной добычей, и, как следствие, снижается общий объём добычи полезного ископаемого [6].

Геологическая – взаимозависимость, возникающая в результате формирования элементов инфраструктуры в определённых горно-геологических условиях. В этом случае ряд не выявленных при разведке горно-геологических и горнотехнических факторов, (особенностей, проявляющихся в виде: нарушений различного типа, структурных особенностей, механических, физических, химических характеристик массива и др.) внезапное изменение которых на одном из участков действующей инфраструктуры и связанных с этим проявлений негативного характера (выброс, удар, пожар, обрушение, затопление и др.), могут вызвать нарушение нормального функционирования инфраструктуры в целом. Например, внезапный выброс угля и газа при работе в нарушенной зоне одного из подготовительных забоев приводит к остановке предприятия в целом.

Геомеханическая – это взаимозависимость, обусловленная взаимовлиянием геомеханических процессов, происходящих в массиве при ведении горных работ, на ограниченном участке, определяемым границами инфраструктуры.

Таким образом, критическая инфраструктура представляет собой большую сложную систему, характеризующуюся следующими признаками (атрибутами):

- неограниченное количество варьируемых объектов и параметров системы;
- трудно прогнозируемое поведение объектов с большим количеством взаимосвязей [7, 8].

Большие сложные системы (в зависимости от масштаба) можно подразделить на комплексные, метасистемы и системы корпоративного уровня [9].

Комплексная система – это открытая система (локального масштаба) тесно взаимосвязанных объектов, которая со временем эволюционирует и меняет своё поведение в зависимости от протекающих внутренних процессов и внешних условий и воздействий [10]. В ней возможны плановые и случайные структурные изменения. Информация о взаимосвязях и взаимозависимостях объектов системы носит неполный характер, затруднительна для прогнозирования их изменений и характера поведения без применения специальных математических инструментов. К числу комплексных систем отдельные участки технологических звеньев технологической системы шахты (очистной, подготовительный, вспомогательные участки и т.д.) и др.

Метасистема – форма интеграции автономных комплексных систем [11]. Полная ее работа определяется суммой работы её составных частей, которые могут существовать независимо друг от друга. Это и есть ничто иное, как эффект синергизма (системности), когда целое представляет собой нечто большее, чем сумма его частей. Примерами метасистемы являются отдельные технологические звенья технологической системы шах-

ты (подземная и поверхностная её части).

Система корпоративного уровня – комплексная система стратегического масштаба [11], к которой можно отнести критическую инфраструктуру шахты, технологическую систему шахты.

Следовательно, критическая инфраструктура шахты это сложная система стратегического масштаба, выраженная в объединении множественного состава разнотипных элементов, путём выявления разнохарактерных межэлементных связей, с предназначением – связать воедино все элементы системы, подчинив их функционирование единой цели – работе на конечный результат.

Поскольку общее назначение системы отлично от назначения каждого из составляющих её элементов для её исследования требуется разработка специальных методов. Тому способствуют расширяющиеся в настоящее время возможности, обусловленные постоянным прогрессом в сфере информационных технологий и современных комплексов имитационного моделирования. С определением понятия «kritическая инфраструктура технологической системы шахты» появляется возможность определения возможных приоритетов в её исследовании и, следовательно, постановка цели. По нашему мнению она будет состоять в защите «kritической инфраструктуры...». Задача исследований будет состоять в определении факторов отрицательного воздействия и базовых объектов или комплекса этих объектов отрицательное воздействие на которые может привести к наиболее негативному влиянию на первичное звено технологической системы(забой, участок), её ветвь (несколько сопрягающихся между собой первичных звеньев, крыло, поле) или на всю инфраструктуру шахты в целом (технологическую систему шахты), а также в получении предварительных итоговых результатов последствий этого воздействия и разработке механизмов защиты от подобных воздействий для снижения вероятности возникновения событий такого рода.

В этой связи для получения функциональной зависимости между целью исследований и одной из альтернатив её достижения необходимо воспользоваться универсальной методологией, которой в настоящее время является математическое моделирование, где на первом месте оказываются вопросы создания адекватных математических моделей описания функционирование объектов.

Для создания модели в нашем случае, поскольку неизвестна закономерность, позволяющая связать цель со средствами, прежде всего, необходимо определить возможно большее число закономерностей на основе статистических исследований или исходя из наиболее встречающихся в практике функциональных зависимостей.

Поскольку критическая инфраструктура шахты это сложная система стратегического масштаба исследование должно содержать в себе два этапа:

- построение математической модели;
- анализ полученной модели.

Так как для создания алгоритма математической модели «критической инфраструктуры...» необходимо знать структуру, взаимосвязи и взаимовлияние объектов её составляющих, по нашему мнению, для решения поставленных практических задач подобным методом необходимо использовать «теорию графов», использование которой, позволит наглядно представить многосложность взаимосвязей между объектами и разработать математический аппарат для выражения уровня взаимодействия и взаимозависимостей.

Представляют интерес работы [12- 14], содержащие результаты исследований, которые при условии полного знания структуры, взаимосвязи и взаимовлияния объектов, составляющих критическую инфраструктуру, можно использовать как базовые для разработки математической модели с целью получения конкретного результата.

Выводы

1. Необходимость установления количественных требований по надёжности (а именно: различные характеристики безотказности, долговечности, ремонтопригодности, сохраняемости, исправности, неисправности, работоспособности,

неработоспособности, предельного состояния и др.) является актуальной при создании любой технической и технологической системы;

2. Для этого, прежде всего, необходимо определить (обозначить) основные понятия: надёжности и технологической системы;

3. Для определения надёжности технологической системы шахты необходимо ввести понятие «критическая инфраструктура шахты», определить состав её элементов, степень их значимости в составе, установить наличие и характер связей между элементами, создать её физический образ, опираясь на теорию графов;

4. Для установления количественных требований по надёжности необходимо использовать эмпирико-теоретические методы исследований и вероятностно-статистические методы обработки их результатов;

5. Базой для получения конкретных результатов количественных требований по надёжности могут служить результаты анализа данных полученных в результате производственных наблюдений и также данные, полученные в результате создания и изучения математических моделей критической инфраструктуры шахты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Б. А. Козлов, И. А. Ушаков. Справочник по расчёту надёжности... - М. Советское радио, 1975 г. – 471 с.
2. А. С. Астахов, Г. Л. Краснянский. Экономика и менеджмент горного производства. Учебное пособие для вузов. В 2 книгах – М. : Издательство Академии горных наук, 2002, - Кн.1. Основы экономики горного производства. – 367 с.
3. Харитонов, В.Г. Теория проектирования и методы создания многофункциональных шахто-систем / В. Г. Харитонов, А. В. Ремезов, С. В. Новосёлов, Кемерово, 2011 – 352 с.
4. Зарубежное военное обозрение.- 2012.- № 1.
5. S. Rinaldi, J. Peerenboom, and T. Kelly. “Identifying, Understanding, and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies”, IEEE Control System Magazine, IEEE, December 2001, pp, 11 – 25.
6. D.D. Dudenhoefner, M.R. Permann, and M. Manic, “CIMS: A Framework For Infrastructure Interdependency Modeling And Analysis” Submitted to Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference, L.F. Perrone, F.P. Wieland, J. Lin, B.G. Lawson, D.M. Nicol, and R.M. Fujimoto. Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2006.
7. Keating, C. Rogers, R. Unal, R. Dryer, D. Souse – Poza, A. Safford, R. Peterson, W. Rabadi, G., 2003. “System of Systems Engineering”, Engineering Management Journal, Vol. 15, No. 3.
8. Jackson, M.C., 1991. Systems Methodology for the Management Sciences, New York: Plenum.
9. Introduction to functional dependency network analysis. Paul R. Garveyl, Ph. D. The MITRE Corporation and Old Dominion University, C 2009, The MITRE Corporation. All Rights Reserved. Published and Used by MIT ESD and CESUN With Permission Approved for Public Release; Distribution Unlimited; 08 – 0418.
10. White, B.E., 2006. “Fostering Intra – Organizational Communication of Enterprise Systems Engineering Practices”, The MITRE Corporation, National Defense Industrial Association (NDIA), 9th Annual Systems Engineering Conference, October 23 – 26, Hyatt Regency Islandia, San diego, California.
11. Keating, C.B. Sonsa – Poza, A. Mun, Ji Hyon, 2004. “System of Systems Engineering Methodology”, Department of Engineering Management and Systems Engineering, Old Dominion University, C 2004, All rights reserved.
12. Сорокин, А. С. Оптимизация резервирования шахтных технологических систем с учётом критерия надёжности // Вестник КузГТУ, № 4 (68), Кемерово, 2008, С. 23-30.
13. Сорокин, А.С. Структурное моделирование надёжности технологических систем с использованием скелетонов // Вестник КузГТУ, № 4 (68), Кемерово, 2008, С. 31-45.
14. Сорокин, А.С. Математическое моделирование оценки надёжности технологических систем // Вестник КузГТУ, № 5 (69), Кемерово, 2008, С. 28-37.

Авторы статьи:

Торро

Виктор Оскарович
ст. преподаватель филиала КузГТУ (г.
Междуреченск), тел. (38475) 40-444

Ремезов

Анатолий Владимирович
д. т. н., проф.каф. РМПИ
КузГТУ e-mail: lion742@mail.ru