

Е. В. Петрова, А. И. Садыкова

РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Ключевые слова: техническая система, технологическая система, методы оценки надежности, производство моноэтиленгликоля.

Предложен алгоритм оценки и расчетов надежности технологической системы производства моноэтиленгликоля для предприятия химической промышленности.

Keywords: electrolysis, modification, aluminum hydroxide, dispersity.

The algorithm of calculation of reliability of technological system of production of monoethylene glycol for the chemical industry is offered.

Существует, по меньшей мере, несколько десятков различных определений понятия «система», используемых в зависимости от контекста, области знаний и целей исследования. Например, систему можно представить как набор взаимосвязанных и взаимозависимых частей, составленных в таком порядке, который позволяет воспроизвести целое. Под системой также понимают объект, целостность которого обеспечивается совокупностью связей и отношений между группами элементов, объединенных развернутыми в пространстве и во времени структурами. В технике система – это техническое устройство, представляющее собой совокупность взаимосвязанных сооружений, машин, механизмов, служащих единой цели [1-6].

По типу организационной структуры и функционирования различают:

- технические системы - это совокупность взаимосвязанных физических элементов; эргатические системы – схема производства, одним из элементов которых является человек или группа людей;
- технологические системы – совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях производства заданных технологических процессов или операций;
- экономические системы – совокупность всех экономических процессов, совершающихся в обществе на основе сложившихся в нем отношений собственности и хозяйственного механизма.
- социальные системы – совокупность социальных явлений и процессов, которые находятся в отношениях и связи между собой и образуют некоторый социальный объект.

Современные технологии химических производств постоянно обновляются и изменяются по мере развития техники и поэтому для химических производств одной из приоритетных задач в настоящее время является обеспечение надежной работы технологических систем, что в свою очередь позволит предотвратить техногенные катастрофы и повысить конкурентоспособность продукции на рынке. В этой связи анализ технологических систем, изучение их структуры и создание методологии управления, позволит разработать комплексное решение оценки их

надежности и, при необходимости, проводить своевременные корректирующие мероприятия.

Технологические системы предприятий состоят из технологических систем его производственных подразделений, которые в свою очередь состоят из технологических систем процессов и операций, функционирующих в рамках данного подразделения. Технологические системы процессов включают в себя в качестве подсистем совокупность технологических систем операций, относящихся к одному методу (обработки, формообразования, сборки или контроля) или к одному наименованию изготавливаемой продукции. При наличии автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) ее технические средства входят в состав технологической системы этого процесса. Технологические системы операций обеспечивают выполнение одной заданной технологической операции [4-6]. Технологические системы химических производств традиционно называют химико-технологическими системами (ХТС). Различают следующие виды технологических систем (рис.1).



Рис. 1 - Виды технологических систем

Наибольшее распространение в многоассортиментных производствах нашли системы, содержащие аппараты только периодического действия или оборудование периодического и полунепрерывного действия.

Работоспособное состояние технологической системы - состояние технологической системы, при котором значения параметров и (или) показателей качества изготавливаемой продукции, производительности, материальных и стоимостных затрат на изго-

товление продукции соответствуют требованиям, установленным в нормативно-технической и (или) конструкторской и технологической документации.

К параметрам производительности относятся: номинальная и цикловая производительность, штучное время и т.д.

К параметрам материальных и стоимостных затрат относятся: расход сырья, материалов, энергии, инструментов, стоимость технического обслуживания и ремонта и т.д.[3].

Надежность химико-технологического производства зависит от надежности протекания вышперечисленных процессов. Надежность реализации любого процесса зависит в свою очередь от надежности работы оборудования, в котором он осуществляется, а также от надежности управления данным процессом. Надежность работы каждой единицы оборудования, в свою очередь, зависит от надежности его эксплуатации, от качества или надежности его изготовления на машиностроительных заводах, а также от качества или надежности проектирования техники для реализации конкретного процесса[4-6].

Система обеспечения надежности изделий — это комплекс организационно-технических и экономических мероприятий, методов и средств, направленных на оптимизацию уровня надежности технических систем. Сложность проблемы надежности приводит к необходимости использования системного подхода к решению и построению системы обеспечения надежности изделий.

Термин «надежность» (dependability) был введен в 1980г. Жан-Клодом Лапри для того, чтобы разгрузить ранее широко используемый, и поэтому явно перегруженный в смысловом содержании, термин «reliability». Предполагалось, что термин «dependability» будет использоваться в более широком диапазоне, например, в безопасности информационных технологий, а термин «reliability» - безотказность - будет относиться, в основном, к описанию отказов в системах и элементах. В стандарте ГОСТ Р ИСО 9000-2008 термин «надежность» (dependability) приводится как собирательный термин, применяемый для описания свойства готовности и влияющих на него свойств безотказности, ремонтпригодности и обеспеченности технического обслуживания и ремонта. Термин «надежность» (dependability) применяется только для общего неколичественного описания свойства. Надежность есть часть более общего понятия — качества (quality), определяемое в стандарте как степень соответствия совокупности присущих характеристик некоторым требованиям. Сведения о соответствии государственных стандартов ссылочным международным стандартам представлены в табл.1.

Экспериментальная оценка надежности изделий может реализовываться двумя способами: организацией специальных испытаний или сбором статистических данных о работе объекта в условиях нормальной или подконтрольной эксплуатации. Порядок проведения эксперимента в этих двух случаях существенно различен. Обработка накопленных данных производится по одним и тем же методикам.

Таблица 1 – Соответствие государственных стандартов ссылочным международным стандартам

Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта	Обозначение и наименование международного стандарта Другого года издания	Степень соответствия	Обозначение и наименование государственного стандарта
ISO Guide 73:2009 Менеджмент риска. Словарь	ISO/IEC Guide 73:2002 Менеджмент рисков. Словарь. Руководящие указания по применению в стандартах	IDT	СТБ ИСО/МЭК Руководство 73-2005 Менеджмент риска. Термины и определения (ISO/IEC Guide 73:2002, IDT)
IEC 60300-1 (2003-06)	Dependability management - Part 1: Dependability management systems	ГОСТ 51901.2-2005	Менеджмент риска. Системы менеджмента надежности
IEC 60300-3-9 (1995-12)	Dependability management - Part 3: Application guide - Section 9: Risk analysis of technological systems	ГОСТ Р 51901.1-2002	Управление надежностью. Анализ риска технологических систем

В табл. 2 приведены сведения по основным методам анализа надежности и риска, программно реализованным в отечественных и зарубежных разработках.

Для оценки характеристик надежности технологической системы производства моноэтиленгликоля, реализуемой на химическом предприятии РТ было предложен комплексный подход сочетающий элементы методов HAZOP, FMEA, FTA, ETA и RBD.

Этапы предложенного подхода включают:

- описание структуры технологической системы производства моноэтиленгликоля;
- создание модели функционирования основных подсистем;
- разработку элементов системы управления технологической системы на основе анализа целевой функции;
- оценку характеристик надежности основного оборудования подсистемы производства моноэтиленгликоля.

При принятии решений и их сравнении необходимо определить, как конкретное мероприятие дерева систем может повлиять на целевой показатель, то есть достижение поставленной перед системой цели. Для этого были построены дерево систем и дерево целей, и проанализирована схема их взаимодействия. При анализе структуры предприятия такие циклы по-

зволяют четко определить: подчиненность отдельных подразделений; их обязанности по отношению к вышестоящим и права по отношению к нижестоящим;

проследить траекторию и время прохождения информации; выявить слабые и тупиковые звенья; определять эффективность подразделения и исполнителя.

Таблица 2 - Основные методы анализа надежности и риска [1-6]

Название метода	ГОСТ Р 51901.1	ГОСТ Р 51901.5		Примечание
		Качественный анализ	Количественный анализ	
1. Исследование опасности и работоспособности (HAZOP)	Идентификация Фундаментальной опасности	Анализ причин и последствий отклонений	Не применим	
2. Анализ видов и последствий отказов (FMEA)	Идентификация главных источников и анализ частот	Анализ воздействия отказов	Вычисление интенсивностей отказов (и критичности) системы	Для систем, у которых преобладают единичные отказы
3. Анализ дерева неисправностей (FTA)	Идентификация опасности и анализ частот	Анализ комбинации неисправностей	Вычисление показателей безотказности и комплексных показателей надежности	Используется графическое изображение
4. Анализ дерева событий (ETA)	Идентификация опасности и анализ частот	Анализ последовательности отказов	Вычисление интенсивностей отказов	
5. Анализ структурной схемы надежности (RBD)	Совокупность приемов анализа частот	Анализ путей работоспособности	Вычисление показателей безотказности и комплексных показателей надежности	Для систем, у которых можно выделить независимые блоки
6. Марковские модели (Markov)	-	Анализ последовательности отказов	-	-
7. Статистические методы надежности (Monte-Carlo)	Совокупность приемов анализа частот	Анализ воздействия неисправностей	Вычисление показателей безотказности с неопределенностью	
8. Анализ влияния человеческого фактора (HRA)	Совокупность приемов анализа частот в области воздействия людей	Анализ воздействия человека на работу системы	Вычисление вероятностей ошибок человека	
9. Обзор данных по эксплуатации (FRACAS)	FRACAS – Failure Reporting, Analysis and Corrective Actions Systems (система сбора данных об отказах и проведения корректирующих действий)			

Применив все вышеизложенное для цеха по производству моноэтиленгликоля была получена следующая схема взаимодействия дерева целей и дерева систем рис.2.

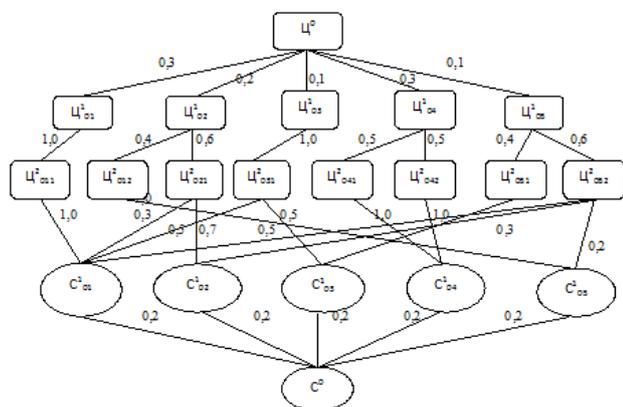


Рис. 2 - Схема взаимодействия дерева целей и дерева систем

Весовые коэффициенты вклада каждого элемента оценивали экспертным методом, проверку проводили с помощью функционально-системной матрицы.

Характеристикой надежности следует называть количественное значение критерия надежности конкретного устройства. Выбор количественных характеристик надежности зависит от вида объекта [43]. Расчет интенсивности отказа и средней наработки на отказ основного технологического узла производства моноэтиленгликоля (ректификационной колонны) рассчитывали по следующей схеме:

Интенсивность отказа рассчитывали по формуле:

$$\lambda(t) = \lambda_0(t) k_1 * k_2 * k_3 * k_4 * \alpha_i,$$

где $\lambda(t)$ – интенсивность отказа одного прибора; $\lambda_0(t)$ – интенсивность отказа; k_1 – коэффициент, зависящий от вибрации; k_2 – коэффициент, зависящий от ударной нагрузки; k_3 – коэффициент, зависящий от температуры и влажности; k_4 – коэффициент, зависящий от давления; α_i – коэффициент, зависящий от загрузки оборудования.

Общая интенсивность отказа схемы управления составила $45,36 \times 10^{-6}$ часов, то есть данная система является надежной, так как наработка на отказ T_0 составляет 2,5 года.

Таким образом, на основании проведенного анализа, был предложен алгоритм оценки и расчетов надежности технологической системы производства моноэтиленгликоля для предприятия химической промышленности. Разработаны элементы системы менеджмента качества для нормативно-методического обеспечения управления качеством процесса в виде «Дерева отказов» и технологической инструкции «Оценка характеристик надежности технологической системы производства моноэтиленгликоля». Также разработан элемент процедуры СМК – комплексная система управления и обеспечения надежности на химическом предприятии.

Литература

1. Сафин, Д.Х. Особенности технологии производства моноэтиленгликоля и факторы, влияющие на его качество/

Д.Х. Сафин, Г.П. Ашихмин, Г.Ш. Гайфутдинов. – М.: Химия, 2005. – 50 с.

2. Закономерность развития техники и технологического процесса. Структура технологических систем [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://works.tarefer.ru/91/100841/index.html>, свободный.
3. Афанасьева, Т.А. Надежность химико-технологических производств / Т.А. Афанасьева, В.Н. Блиничев. – Иваново: Изд-во Иван. гос. хим.-технол. ун-та, 2007. – 199с.
4. Кононова, Г.Н. Сафонов В.В. Химико-технологические системы. Учебное пособие/ Г.Н. Кононова. В.В. Сафонов; – ИПЦ МИТХТ имени М.В.Ломоносова, 2005. –66с.
5. Афанасьева, Т.А. Определение вероятности отказа интенсивного химико-технологического процесса [Текст] / Т.А. Афанасьева. - Изв. ВУЗов. Химия и химическая технология. – 1981. – 782с.
6. Краснянский, М.Н. Методология прогнозирования и обеспечения надежности функционирования технических систем многоассортиментных химических производств /М.Н. Краснянский, Е.Н. Малыгин, С.В. Карпушкин// Вестник ТГТУ. 2010. Т. 16. № 1. С.6-14.

© **Е. В. Петрова** - канд. хим. наук, доц. кафедры аналитической химии, сертификации и менеджмента качества КНИТУ, katrin-vv@mail.ru; **А. И. Садькова** – магистрант КНИТУ.