

УДК 66-5+614.8

**А.В. Федоренко**Донецкий национальный технический университет, г. Донецк  
кафедра системного анализа и моделирования**МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ДВУХКОНТУРНОГО ВЫПАРНОГО АГРЕГАТА***Аннотация*

*Федоренко А.В. Моделирование опасных ситуаций при эксплуатации двухконтурного выпарного агрегата. Выполнен анализ опасности процессов и аппаратов химической промышленности. Определены источники опасности. Рассмотрены возможные происшествия, ведущие к поражению человека. Произведен выбор метода моделирования на основе требований задачи. Построено дерево происшествий и его функциональное представление.*

*Ключевые слова:* опасность аппаратов химической промышленности, система обеспечения безопасности, источники опасности, выпарной агрегат, дерево происшествий, причинно-следственная связь, предпосылки.

**Постановка проблемы.** Задачи обеспечения безопасности в техносфере особенно актуальны на современном этапе развития производительных сил. На решение этих задач затрачиваются значительные материальные, финансовые и людские ресурсы, разрабатываются и внедряются комплексы соответствующих мероприятий и т.п. Все это требует существенных затрат, и потому цель управления процессом обеспечения безопасности часть формулируется следующим образом [1, 2]: максимальное снижение риска появления техногенного происшествия при минимальных (или, как минимум, заданных) затратах.

Все вышеописанное применимо к аппаратам и процессам химической промышленности. Они характеризуются повышенным уровнем опасности: с одной стороны – работа химического оборудования зачастую связана с переработкой токсичных, пожароопасных или взрывоопасных веществ, с другой стороны – технологические процессы в подобных аппаратах, как правило, происходят при высокой температуре или давлении. Также, химическое оборудование в большей степени подвержено коррозионным процессам и износу, как следствие его работы с химически активными веществами.

Основными источниками опасности химического оборудования являются:

- рабочие поверхности и корпуса установок;
- обрабатываемые вещества в различных агрегатных состояниях;

- вещества, используемые для нагрева (теплоносители);
- силовые установки, используемые при работе с агрегатами.

Таким образом, существует необходимость разработки системы безопасности, которая с одной стороны предупреждала бы возможные опасные ситуации, а с другой – была экономичной.

Методологической основой решения указанных задач является моделирование опасных ситуаций в системе «человек – машина – среда» с помощью диаграмм влияния, учитывающих как процесс формирования происшествия, так и степень его влияния на элементы системы [1, 2, 3].

### **Решение задачи и результаты исследования.**

В данной работе рассматривается диаграмма влияния типа дерева для системы «человек-оператор – рабочая среда – двухконтурный выпарной агрегат». При этом под рабочей средой понимается пространство, непосредственно примыкающее к технологическому оборудованию, в котором постоянно или достаточно часто находится человек-оператор.

Объектом исследования является двухконтурный выпарной агрегат[4], схема которого представлена на рисунке 1.

Выпарные агрегаты предназначены для концентрирования или разделения растворов, суспензий и эмульсий[5]. Конечным продуктом, как правило, является концентрированная, но еще пригодная для перекачки жидкость. Главная цель выпаривания – получение продукта с постоянной конечной концентрацией.

Проведя анализ объекта исследования, можно выделить несколько поражающих факторов:

- поражение человека перегретым паром;
- поражение человека, незащищенных элементов установки и рабочей среды раствором;
- поражение человека и рабочей среды парами раствора;
- поражение человека электрическим током.

Но для того, чтобы изучить систему, необходимо знать предпосылки всех возможных происшествий. Для того чтобы выявить, какие отказы приводят к тем или иным происшествиям, был использован метод построения дерева происшествий[2, 6].

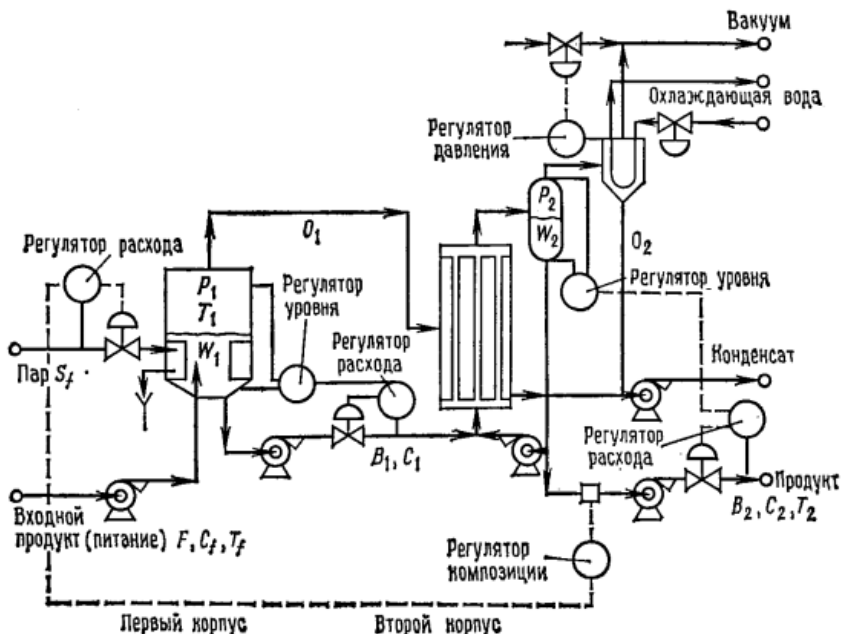


Рисунок 1 – Двухкорпусный выпарной агрегат с одномерными контурами регулирования

Дерево происшествий – модель происшествия, включающая конкретное головное происшествие, связанное с помощью логических выражений с промежуточными и исходными предпосылками, обуславившими в совокупности его появление.

В качестве предпосылок происшествий выступают отказы технических элементов системы. Для построения дерева происшествий были сформированы структурные схемы узлов объекта исследования, что позволило определить исходные предпосылки происшествия.

В данной работе рассматривается построение дерева происшествий только для одной опасной ситуации – поражение человека перегретым паром. Диаграмма типа дерево представлена на рисунке 2.

На данном рисунке показаны условия возможного поражения человека паром. Предполагается, что головное событие модели является результатом любой из трех предпосылок верхнего уровня – технологические нарушения или отказ оборудования (А), человеческий фактор (В), факторы среды (С).

В свою очередь, предпосылка А является следствием возникновения одной из двух предпосылок – превышения допустимых значений давления в узлах (D) или перегрева раствора или узлов агрегата (E).

Предпосылка Д является следствием возникновения одного из событий (отказов технических элементов системы) – отказа приводов подачи пара, раствора, некорректных данных с датчиков температуры, расходомеров, а также сбоев в работе регуляторов расхода пара, давления и уровня.

Предпосылка Е – следствие событий связанных с отказом приводов подачи раствора на входе, сбоем в работе регулятора уровня раствора, а также неверными данными с датчика уровня раствора.

Предпосылка В – следствие одновременного возникновения событий – ошибок в регулировании технологических параметров (В1) и нарушения оператором норм безопасности при обслуживании выпарного агрегата (В2).

Предпосылка С – следствие возникновения одного из событий – экстремальных погодных условий (С1), землетрясения (С2), воздействия других аварий (С3), вандализма (С4), диверсий (С5).

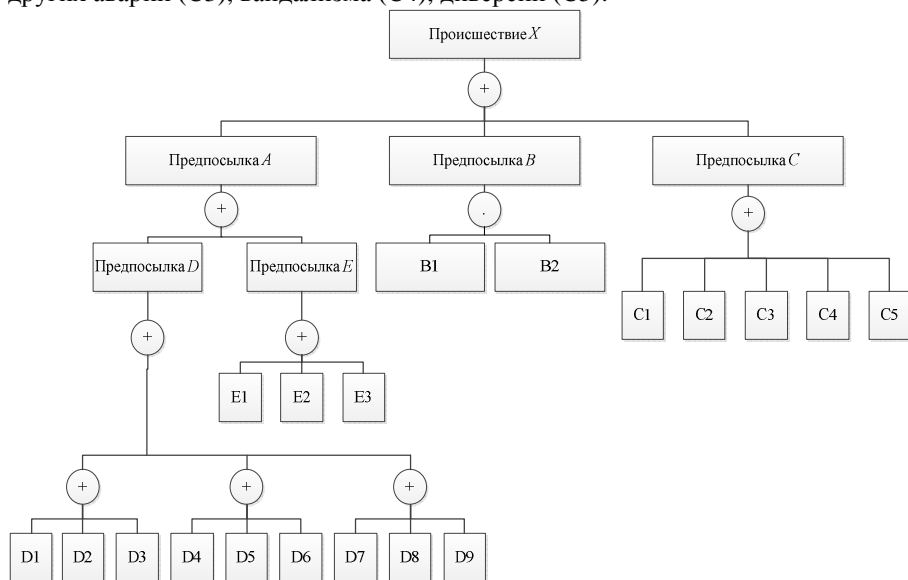


Рисунок 2 – Дерево происшествий на выпарном агрегате

Из приведенной модели следует, что рассматриваемое происшествие может быть представлено функциями вида:

$$X = A + B + C; \quad (1)$$

$$A = D + E; \quad (2)$$

$$B = B1 \cdot B2; \quad (3)$$

$$C = C1 + C2 + C3 + C4 + C5; \quad (4)$$

$$D = D1 + D2 + D3 + D4 + D5 + D6 + D7 + D8 + D9; \quad (5)$$

$$E = E1 + E2 + E3. \quad (6)$$

Формирование и последующий анализ подобных моделей для всех указанных происшествий с использованием методов булевой алгебры и теории надежности позволит установить значимость и критичность каждого события-предпосылки и тем самым дать качественную и количественную оценку риска возникновения той или иной опасной ситуации.

**Выводы.** Анализ объекта исследования и моделирование при помощи метода дерева происшествий позволили установить причинно-следственные связи предпосылок и происшествий, которые ведут к поражению человека. Данные сведения позволяют провести дальнейшие исследования с целью разработки системы обеспечения безопасности выпарного агрегата.

### Список литературы

1. Белов П.Г. Теоретические основы системной инженерии безопасности. – М.: ГНТБ «Безопасность», 1996. – 424 с.
2. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере: Учебное пособие для студентов вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 512 с.
3. Бузанова Я.Б., Ярочкин В.И. Теория безопасности. – М.: Академический проектный фонд «Мир», 2005. – 176 с.
4. Рей У. Методы управления технологическими процессами: Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 368 с.
5. Таубман Е.И. Выпаривание (Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии). / Таубман Е.И. – М.: Химия, 1982. – 328 с.
6. Гайкович А.И. Основы теории проектирования сложных технических систем. – СПб.: МОАИНТЕХ, 2001. – 432 с.