

**Альгузо Мохаммад**

магистрант

**Матвеев Юрий Николаевич**

д-р техн. наук, профессор

**Богатилов Валерий Николаевич**

д-р техн. наук, профессор

**Клюшин Александр Юрьевич**

канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Тверской государственный

технический университет»

г. Тверь, Тверская область

## **ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ НЕЧЕТКООПРЕДЕЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ ОПАСНОСТЕЙ В ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

***Аннотация:** неполадки на действующих химических производствах сопряжены с опасностью аварии и тяжелыми последствиями как для самого производства, так для окружающей среды и людей. Стоимость одного отказа оборудования сложных химико-технологических производств измеряется десятками, а иногда и сотнями тысяч денежных средств. Это определяет актуальность и важность вопросов диагностики состояний и управления технологической безопасностью химических производств, а также построения моделей развития опасностей.*

***Ключевые слова:** технологические процессы, система диагностики состояний, система автоматизации, база данных, база знаний.*

В настоящее время одно из направлений в решении задачи безопасной работы химических производств – это создание автоматизированных систем управления критическими режимами технологических процессов в предаварийном состоянии. Идея построения систем заключается в возможности вывода рабочей точки процесса из области, так называемого, предаварийного состояния в

область исправного состояния. Это достигается созданием диагностической модели процесса в предаварийном состоянии на основе установления управляющих воздействий. Если нет возможности вывести процесс в область исправного состояния, то управление подхватывает автоматизированная система защиты, и при этом она сама должна остановить процесс. При этом «жесткие» (алгоритмические) и «мягкие» (интеллектуальные) модели процесса применяются как она из возможностей диагностических моделей [1].

Качественная модель развития опасностей на основе нечеткого бинарного отношения предпочтения представлена далее. Нечеткое бинарное отношение строится на множестве опасностей  $O$ :  $O = \{o_1, o_2, o_3, \dots, o_n\}$ , где  $o_i$  –  $i$ -я опасность возникновения нештатной ситуации для данного химико-технологического производства (ХТП),  $n$  – мощность множества  $O$ . Обозначим это отношение через  $\tilde{R}_1 \subseteq O \times O$  со степенью принадлежности  $\mu_{\tilde{R}_1}(o_i, o_j)$ , и интерпретируем его как «опасность  $o_i$  порождает опасность  $o_j$ », где  $o_i, o_j \in O$ .

А запись  $o_i \tilde{R}_1 o_j$  означает, что опасность  $o_i$  порождает опасность  $o_j$  со степенью принадлежности  $\mu_{\tilde{R}_1}(o_i, o_j)$ .

Далее в виде матрицы представим отношение  $\tilde{R}_1$ , а также в виде нечеткого графа развития опасностей  $\tilde{G}_{R_1}$ . В этом графе вес дуги, которая направлена от  $o_i$  к  $o_j$ , равен  $\mu_{\tilde{R}_1}(o_i, o_j)$ . Эти взаимосвязи раскрывают нечетко определенный сценарий развития нештатных ситуаций [2].

В качестве примера разберем построение качественной модели развития опасностей ХТП выпаривания электролитических щелоков [3].

В виде нештатной ситуации – опасность:  $O_0$  – «Нарушение работы первого выпарного аппарата». Остальные опасности, например:  $O_1$  – «Неисправность системы регулирования расхода греющего пара»;  $O_2$  – «Неисправность датчика расхода греющего пара» и т. д., являются возможными причинами возникновения нарушения  $O_0$ . В таблице перечислено множество опасностей.

Нечеткий граф развития опасностей  $\tilde{G}_{R_1}$  изображен на рисунке 1.

Таблица 1

## Множество опасностей

Код	Описание
O <sub>0</sub>	Нарушение работы первого выпарного аппарата
O <sub>1</sub>	Неисправность системы регулирования расхода греющего пара
O <sub>2</sub>	Неисправность датчика расхода греющего пара
O <sub>3</sub>	Неисправность регулятора давления греющего пара
O <sub>4</sub>	Неисправность клапана на линии подачи греющего пара
O <sub>5</sub>	Неисправность вторичного прибора
O <sub>6</sub>	Изменение давления в греющей камере
O <sub>7</sub>	Изменение давление в парожидкостном пространстве
O <sub>8</sub>	Изменение подачи насоса
O <sub>9</sub>	Изменение подачи греющего пара
O <sub>10</sub>	Нарушение подачи пара в сети
O <sub>11</sub>	Разбито смотровое окно
O <sub>12</sub>	Течь, нарушение герметичности стыковых фланцев
O <sub>13</sub>	Нарушение герметичности аппарата
O <sub>14</sub>	Прохудилась труба подачи щелочи
O <sub>15</sub>	Уменьшение выхода щелочи
O <sub>16</sub>	Забивка трубок греющей камеры
O <sub>17</sub>	Нарушение герметичности трубок
O <sub>18</sub>	Изменение режима кипения
O <sub>19</sub>	Пробулькивание пара в греющей камере
O <sub>20</sub>	Изменение концентрации NaOH

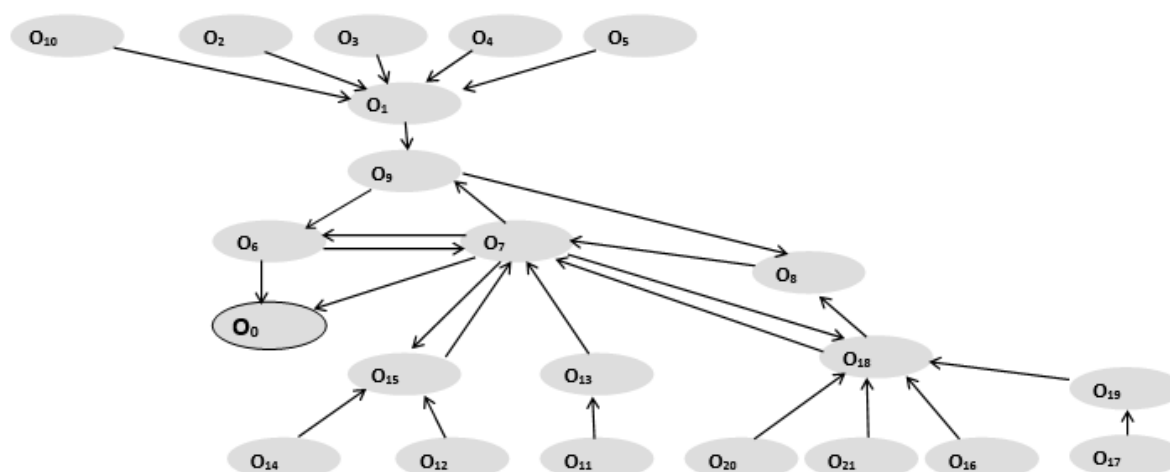


Рис. 1. Фрагмент нечеткого графа развития опасностей для МВУ

После этого сделаем анализ, а также преобразуем нечеткий граф развития опасностей с выделением в нем иерархической структуры, которая позволяет

проводить процедуру диагностирования нештатных ситуаций на множестве опасностей.

При построении иерархической диаграммы диагностирования  $D_{\tilde{G}_{R_1}}$  в графе развития опасностей  $\tilde{G}_{R_1}$  необходимо, во-первых, убрать транзитивно замыкающие дуги, а, во-вторых, вершины графа  $\tilde{G}_{R_1}$  разнести по уровням. При этом на верхнем (первом) уровне иерархии располагаются вершины, из которых не выходит ни одной дуги. На втором уровне иерархии располагаются вершины, из которых выходят дуги, инцидентные только вершинам первого уровня. На некотором  $i$ -м уровне иерархии ( $i \leq n$ ) располагаются вершины, из которых выходят дуги, инцидентные вершинам, расположенным на уровнях с первого по  $i$ -й (рис. 2).

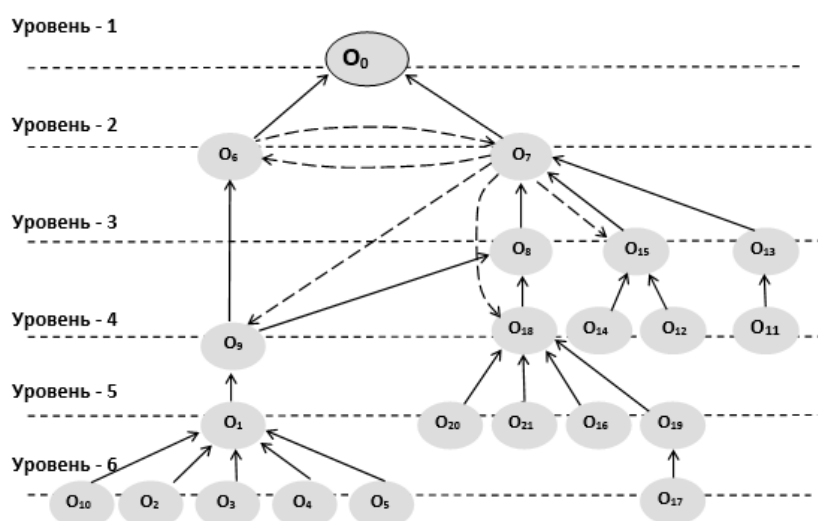


Рис. 2. Иерархическая диаграмма диагностирования нештатных ситуаций

Взаимовлияние опасностей друг на друга (непосредственно или через цепочку опасностей) как раз и можно увидеть на диаграмме за счет отображения циклических связей между опасностями.

Эти связи не оказывают существенного влияния на дальнейшую процедуру определения первопричины нештатной ситуации, так как главной целью является достижение терминальных узлов диаграммы  $D_{\tilde{G}_{R_1}}$ , то есть тех узлов, из которых не исходит дуг и проверка условий работоспособности или наличия неисправностей. Поэтому, исключение циклических связей из диаграммы  $D_{\tilde{G}_{R_1}}$ , не

влияет на изменение пространства поиска возможных нарушений. В итоге получаем иерархическую древовидную диаграмму, показывающую возможные сценарии развития нештатных ситуаций  $Scen = \{Sc_1, Sc_2, \dots, Sc_n\}$ .

Таким образом, каждый сценарий – это множество переходов из  $o_i$  в  $o_j$   $\{(o_i, o_j); o_i, o_j \in O; i \neq j\}$ , где каждому переходу приписана его функция принадлежности  $\mu_{\tilde{O}}((o_i, o_j))$ , которая показывает степень влияния одной опасности на другую. И если взять для некоторого сценария среднее значение всех функций принадлежности, входящих в него дуг, то в итоге для некоторого сценария развития опасности получим величину, характеризующую степень его возможности. Это позволит в перспективе ранжировать множество сценариев в процессе процедуры диагностирования.

### ***Список литературы***

1. Егоров А.Ф. Управление безопасностью химических производств на основе новых информационных технологий / А.Ф. Егоров, Т.В. Савицкая. – М.: КолосС, 2006. – 416 с.
2. Кулаков А.Г. Количественная оценка безопасности функционирования технологического процесса / А.Г. Кулаков, П.В. Кузнецов, П.Н. Евшин // Труды ИСА РАН. –2008. – Т. 39.
3. Богатиков В.Н. Диагностика состояний и управление технологической безопасностью непрерывных химико-технологических процессов на основе дискретных моделей. Дис. ... д-ра техн. наук (05.13.06) / В.Н. Богатиков. – Апатиты, 2002. – 352 с.