

## УДК 614.8

Алекин Д.Ю., аспирант кафедры Безопасность жизнедеятельности  
Самарского государственного технического университета  
Яговкин Н.Г., профессор кафедры Безопасность жизнедеятельности  
Самарского государственного технического университета

Alekin D.Y., graduate student, Department of Life Safety,  
Samara State Technical University  
Yagovkin N.G., Professor, Department of Life Safety,  
Samara State Technical University

### **АНАЛИЗ ПРИЧИН ПОЯВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ НА ОБЪЕКТАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ**

### **ANALYSIS OF THE REASONS FOR THE APPEARANCE OF TECHNOLOGICAL INFRINGEMENTS ON THE OBJECTS OF ELECTRIC POWER**

Общей чертой появления причин технологических нарушений на объектах электроэнергетики является отказ техники или ошибка человека. Однако причина таких нарушений никогда не бывает одной, т.е. возникновение технологического нарушения всегда сопровождаются причинной цепью. Она обычно появляется неожиданно и в не предполагаемом месте. Наиболее часто в причинной цепи имеют место[1]:

- отказ оборудования
- ошибка в управляющих действиях оперативного персонала
- воздействие на оборудование факторов внешней среды
- несовершенство или неисправность средств защиты
- другие факторы

На принципе последовательности появления опасных событий основаны системные методы анализа причин их предупреждения

Простейший анализ причин осуществляется путем построения модели «дерево причин». Логические связи в модели дерева причин (рис.1) формируют последовательность событий при возникновении технологических нарушений[2].

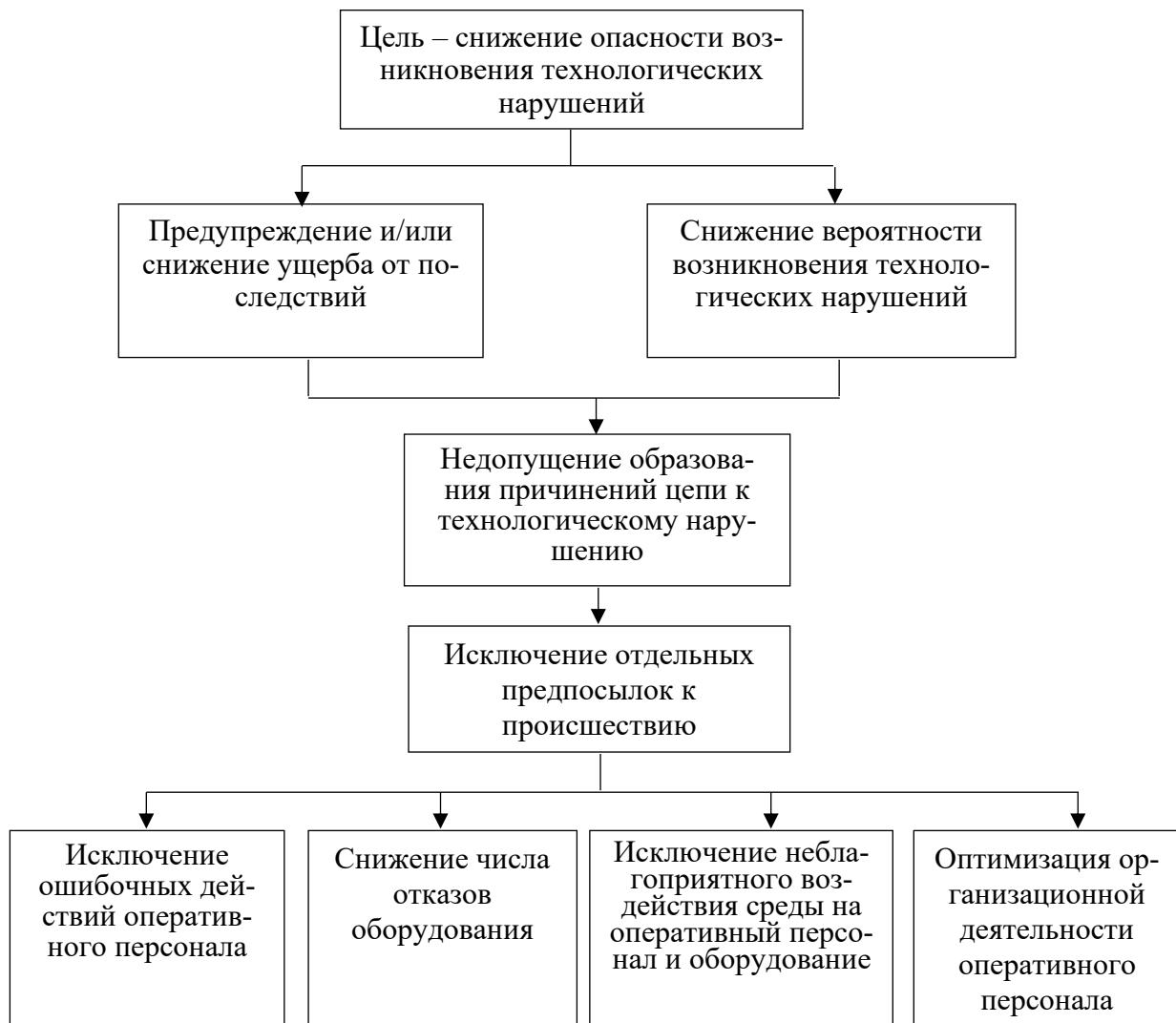


Рис. 1 Логические связи в модели «дерево причин», формирующие последовательность событий при возникновении технологических нарушений

Разработка дерева причин вынуждает продолжать сбор информации и проведения анализа и, если необходимо, углубить. Очень часто приходится анализировать события, имеющие место задолго до появления технологического нарушения, в противном случае не будет полной картины происшествия.

Когда создание дерева причин закончено, появляется графическая схема всех событий, предшествующих технологическому нарушению, и выявляется вся группа факторов, являющихся их причиной.

В качестве простейшего примера построения такой схемы можно рассмотреть следующий случай: вышел из строя понижающий трансформатор от которого было запитан электродвигатель.

Модель дерева причин данного технологического нарушения представлена на рис.2.

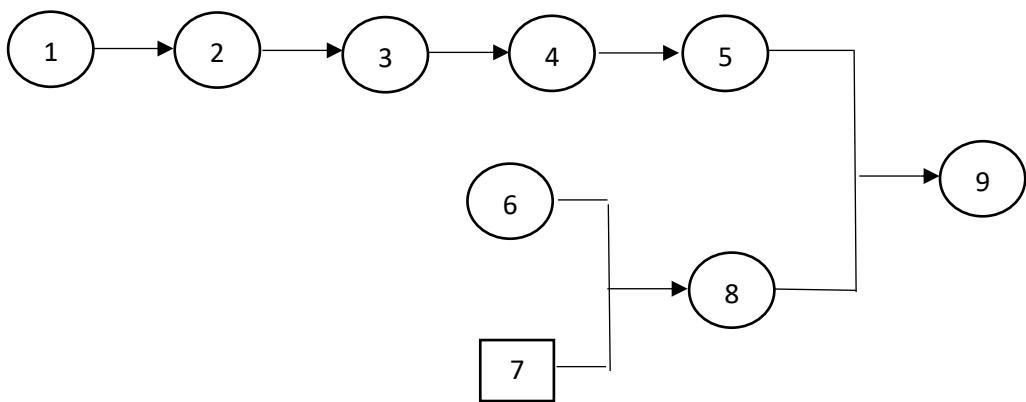
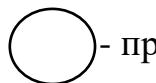


Рис. 2. Модель «дерева причин» технологического нарушения



- случайное предшествующие событие



- предшествующие событие постоянного характера

1. Вышел из строя понижающий трансформатор
2. Предохранительный элемент не сработал
3. Вышло из строя пусковое устройство электродвигателя вентилятора.
4. Остановился электродвигатель вентилятора.
5. Выросла температура в производственном помещении.
6. Сработала пожарная сигнализация.
7. Низкая сторона понижающего трансформатора не была заземлена.
8. Произошло отключение всего работающего в помещении оборудования.
9. Технологическое нарушение.

Использование модели «дерево причин» в предотвращении технологических нарушений служит двум целям[3]:

- Исключить повторение аналогичного нарушения;
- Избежать возникновения более или менее аналогичных нарушений, т.е. тех, которые, согласно анализу, имеют общие причины с уже прошедшими.

Когда проводится анализ технологических нарушений и других происшествий с использованием дерева причин, то полностью выполняется поставленная задача: не только обеспечивается выявление и исключение опасных факторов, послуживших причиной неблагоприятных событий, но и даются сведения для их идентификации, которые могут быть определены и нейтрализованы в производственных условиях, где они, возможно, являются причиной возникновения других технологических нарушений.

Для всестороннего анализа технологических нарушений необходимы модели при построении которых учитывается большое число существующих факторов, в том числе – трудно формализуемых, а также определяется эффективность мероприятий, направленных на совершенствование безошибочности при их функционировании.

Процедура углубленного изучения причин возникновения технологических нарушений с помощью диаграмм типа дерево включает ряд этапов:

- определение объекта и цели моделирования;
- построение модели - деревьев причин технологических нарушений, их исходов, целей, задач или свойств;
- проведение качественного анализа исследуемого объекта, процесса или явления;
- количественная оценка их основных параметров.

На первом этапе уточняются структуры и характер функционирования исследуемого электротехнического объекта, его взаимодействия с окружающей средой и связи между элементами.

Цель моделирования причин возникновения технологических нарушений с помощью дерева направлена на выявление наиболее вероятных и тяжелых по последствиям аварий. Количественная и качественная оценка позволяют определить частоту их появления, размеров ущерба и затрат на предупреждение[4].

Второй этап является наиболее сложным– собственно построение дерева «технологических нарушений», возможных исходов или дерева целей.

Последовательность построения дерева «причин технологических нарушений» приведена в рис.1.3.

Определенные трудности при построении дерева причин технологических нарушений возникают также в тех случаях, когда используемое технологическое или производственное оборудование имеет замкнутые, разветвленные контуры взаимодействия элементов. Для преодоления этих, часть встречающихся на практике трудностей, обычно рекомендуется пользоваться дополнительные модели таких контуров в форме самостоятельных деревьев или потоковых графов. Порядок их построения и учета влияния конкретных контуров на вероятность достижения головного события можно найти в фундаментальной работе [5].

Очередным (третьим) этапом исследования причин возникновения технологических нарушений с помощью модели типа «дерево происшествий» является качественный анализ, который представляет собой углубленное изучение внутренних связей моделируемой категории на предмет выявления наиболее существенных условий, наличие которых критично или минимально необходимо для возникновения и предупреждения конкретного происшествия.

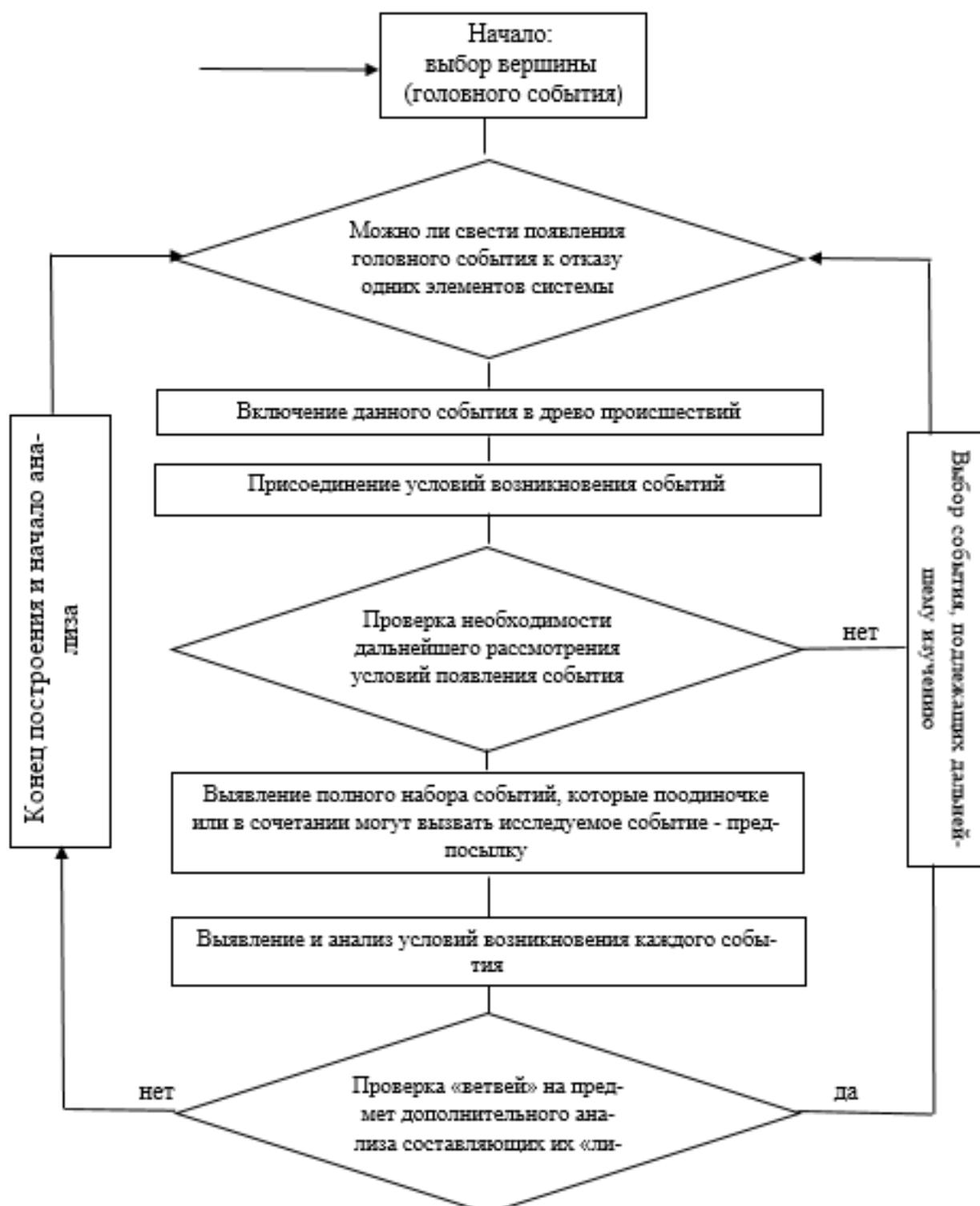


Рис. 3. Последовательность построения дерева причин технологических разрушений

Завершающим этапом исследования происшествий с помощью «дерева» служит количественный анализ основных параметров моделируемого события. Его цель состоит в определении числовых характеристик и распре-

делений, численно указывающих на меру возможности или частоту появления конкретных головных событий (несчастных случаев, аварий, катастроф). В отдельных случаях на данном этапе рассчитывается возможный риск ущерба от технологических разрушений, а также затраты, необходимые для их предупреждения.

**Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в  
рамках научного проекта № 19-31-27001**

**The reported study was funded by RFBR, project number 19-31-  
27001**

**Список литературы**

1. Биргер, И.А. Техническая диагностика. М.: Машиностроение, 1978. С. 240.
2. Вдовико, В.П. Методология системы диагностики электрооборудования высокого напряжения // Электричество. 2010. № 2. С. 14–20
3. Алекина, Е.В., Мельникова, Д.А., Яговкин, Г.Н. Теоретические основы формирования интегральной системы управления безопасностью производства: Монография / Е. В. Алекина, Д. А. Мельникова, Г. Н. Яговкин / Под общ. Ред. Г. Н. Яговкина – Самара: Самар. Го. Техн. ун-т, 2018.- 281 с.
4. Филипс Д. Гарсия-Диас А. Методы анализа сетей/ П Пер с англ. - М. Мир, 1984, 496 с.
5. 1970-2004, OSHA's regulations, 29 CFR 1910 Occupational Safety and Health Administration, subpart S Electrical.

**References**

1. Birger, I.A. Technical diagnostics. M.: Mechanical Engineering, 1978. P. 240.
2. Vdoviko, V.P. Methodology of a diagnostic system for high voltage electrical equipment // Electricity. 2010. No 2. P. 14–20
3. Alekina, E.V., Melnikova, D.A., Yagovkin, G.N. The theoretical foundations of the formation of an integrated production safety management system: Monograph / E.V. Alekina, D.A. Melnikova, G.N. Yagovkin / Under the general. Ed. G.N. Yagovkina - Samara: Samar. Go. Tech. Univ., 2018. 281 p.
4. Philips D. Garcia-Diaz A. Methods of network analysis / П Transl. From English. - M. Mir, 1984, 496 p.
5. 1970-2004, OSHA's regulations, 29 CFR 1910 Occupational Safety and Health Administration, subpart S Electrical.