

3. Асанов, М. Дискретная математика: графы, матроиды, алгоритмы / М.О. Асанов, В.А. Баранский, В.В. Расин. — Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. — 288 с.

4. Рязанов, Ю. Д. Дискретная математика : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 230100 "Информатика и вычислительная техника" / Ю. Д. Рязанов ; Ю. Д. Рязанов ; Федеральное агентство по образованию, Белгородский гос. технологический ун-т им. В. Г. Шухова. – Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2010. – 28 - 50 с.

5. Стативко, Р. У. Разработка алгоритмов определения необходимости использования типовых моделей датчиков / Р. У. Стативко, Е. П. Коломыцева // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2018. – Т. 22, № 6(81). – С. 118-126.

*УДК 004.7*

*Худяков М.В.*

*Научный руководитель Коршак К.С., ст. преп.*

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РАБОТЫ УСТРОЙСТВА АВАРИЙНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ДЫМА ПРИ ПОМОЩИ СЕТЕЙ ПЕТРИ**

В данной статье будут рассматриваться принципы передачи информации в датчике пожарной безопасности, таком как датчик задымления, его принцип работы, как он устроен изнутри и моделирование передачи информации при помощи сети Петри.

Существуют различные пожарные датчики, но сегодня нам предстоит разобраться конкретно с датчиком задымления. Стоит начать с его принципа работы и строения. Дымовой датчик — это устройство, созданное для обнаружения наличия дыма в окружающей среде, такой как воздух внутри здания. Он является критической частью систем пожарной безопасности и предназначен для раннего обнаружения начальных признаков пожара, когда дым еще не перерос в открытое пламя. Важной особенностью дымового датчика является его способность реагировать на частицы дыма, которые могут быть невидимыми невооруженным глазом, но свидетельствовать о возможной опасности. Разберем детальнее его принцип работы.

Начнем с оптической части. Внутри дымового датчика обычно находится источник света (часто светодиод) и фоторезистор

(фотодатчик), который является светочувствительным элементом. Фоторезистор измеряет количество света, падающего на него.

Далее идет оптическая камера. Она обычно имеет два отверстия или вентиляционных отверстия - одно для входа света и другое для выхода света. Когда свет проходит через оптическую камеру, он создает световой луч, который направляется к фоторезистору.

Нормальные условия для датчика задымления представляют собой ситуацию, когда окружающая среда, в которой находится датчик, свободна от дыма или других частиц, которые могли бы блокировать свет и повлиять на его работу. Это состояние, при котором воздух в помещении или в окружающей среде чист и лишен видимых или инфракрасных загрязнений, которые могут быть интерпретированы датчиком как признаки дыма. В нормальных условиях дымовой датчик функционирует стабильно и не активирует тревожные сигналы. Свет, излучаемый источником света внутри датчика, проходит через оптическую камеру и достигает фоторезистора без каких-либо препятствий. Фоторезистор измеряет высокий уровень света и передает это значение в электронную систему датчика как нормальное состояние. Это нормальное состояние важно, так как датчики задымления спроектированы для обнаружения изменений в окружающей среде, связанных с возможным возникновением пожара. Когда дымовой датчик находится в нормальных условиях, он готов быстро реагировать на появление дыма, чем обеспечивает более высокий уровень безопасности в случае возгорания. Данный момент стоит запомнить, к нему мы вернемся попозже.

Далее идет этап обнаружения дыма. Когда воздух внутри помещения становится дымным из-за начавшегося пожара, частицы дыма начинают проникать в камеру дымового датчика через вентиляционные отверстия. Дымные частицы рассеивают свет, и часть света не достигает фоторезистора. По мере того, как количество дыма в камере увеличивается, количество света, достигающего фоторезистора, уменьшается. Фоторезистор реагирует на это изменение и начинает снижать свое сопротивление, но все еще не подает сигналы о пожаре.

Тревожный сигнал подается в момент, когда сопротивление фоторезистора снижается до определенного уровня, установленный разработчиками при проектировке устройства, встроенная электроника датчика интерпретирует это как срабатывание тревожного сигнала. Датчик активирует сирену или отправляет сигнал на центральную систему управления, что указывает на обнаружение дыма и возможное начало пожара. Таким образом, дымовой датчик работает путем обнаружения изменения светового уровня, вызванного присутствием

дыма в окружающей среде. Это позволяет ему реагировать на начальные стадии пожара и активировать систему оповещения для предотвращения угрозы жизни и имуществу.

Теперь время затронуть тему сетей Петри и после перейти к моделированию и анализу. Сеть Петри – это интеграция графа и дискретной динамической системы. Теория сетей Петри разработана немецким математиком Карлом-Адамом Петри в диссертационной работе «Взаимодействующие автоматы» в 1962 г. Сети Петри – это двудольный ориентированный граф с двумя типами вершин: Р – конечное множество позиций (обозначение кружки), Т – конечное множество переходов (событий) (обозначение прямоугольник/палочка). В позициях могут размещаться метки (маркеры), способные перемещаться по сети.

Для моделирования при помощи сетей Петри нам нужно задание. Возьмем такую ситуацию: спроектировать работу датчика задымления по принципу работы указанного выше с возможностью автоматического вызова спец служб и сигнализации жителей объекта.

Начнем с описания условий, которые нам нужны. Первое – это рассеивание света, попадающего на светочувствительную камеру, вследствие попадания дым в отсек. Далее идет момент снижения сопротивления фоторезистора до определенного уровня. Следующий этап – это вызов спец служб и срабатывания оповещения о пожаре, в этот же момент нам нужна проверка на ПКП (пункт контроля приборами). Возможен такой вариант, что срабатывание ложное.

Поняв суть задания, стоит преступить к разбору самого рисунка сети Петри и пояснения его элементов (Рис. 1).

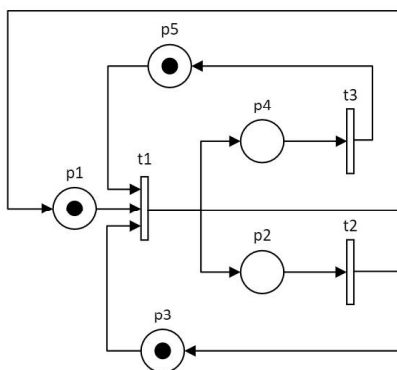


Рис.1 Сеть Петри работы датчика задымления

Теперь перейдем к пояснению каждого элемента на графике:  $t_1$  – проверяет, стало ли света меньше значения  $k$  ( $k$  – это определенной уровень, при котором срабатывает сигнализация. Устанавливается на заводе),  $t_2$  – выключили ли систему оповещения в ручную,  $t_3$  – пуст ли маркер  $p_6$ ;  $p_1$  – ожидает информации от  $t_1$ ,  $p_2$  – ожидание информации об отключении сигнализации (Если  $T_1 < T_0$ , где  $T_1$  – момент времени отключения сигнализации на ПКП, а  $T_0$  – вычисленное случайное число моделируемого отрезка времени, если  $T_1 < T_0$ , то сигнализация будет отключена в момент окончания пожарной тревоги),  $p_3$  – запасной маркер,  $p_4$  – срабатывание вызова пожарной службы и сигнализации на объекте,  $p_5$  – запасной маркер. Получаем сеть Петри:  $S = \langle P, T, I, O, \mu \rangle$ .  $P = \{p_1; p_2; p_3; p_4; p_5\}$ ;  $T = \{t_1; t_2; t_3\}$ ;  $I(t_1) = \{p_1; p_3; p_5\}$ ;  $O(t_1) = \{p_1; p_2; p_4\}$ ;  $I(t_2) = \{p_2\}$ ;  $O(t_2) = \{p_3\}$ ;  $I(t_3) = \{p_4\}$ ;  $O(t_3) = \{p_5\}$ .  $P$  – конечное множество позиций,  $T$  – конечное множество переходов. Множество входных позиций перехода –  $I(t_j)$  и множество выходных позиций перехода –  $O(t_j)$ . Аналогично для входа и выхода данной позиции –  $I(p_i)$  и  $O(p_i)$  соответственно.

Метод анализа и моделирования работы при помощи сетей Петри является наиболее подходящим и удобным для различных процессов и систем. Анализ данным способом может продемонстрировать пользователю проблемы работы системы и результат выполненных действий приближенные к реальным событиям. Сам принцип моделирования является сложным в освоении и анализе, т. к. даже на самые малые модели могут уйти часы работы, но достаточно мощным для множества заданий. Если рассмотреть пример выше (Рис. 1), то проектировщик, который занимается расстановкой датчиков и их подключением к общей системе, на основе модели, может сделать выводы и задаться вопросами: «Стоит ли передавать информацию на ПКП для отключения?», «Как дальше стоит организовывать работу системы?», «Какие затраты могут за собой повлечь те или же иные изменения в работе системы?» и т. п. Это лишь малые примеры, которые можно сделать из данного рисунка. В больших проектах используются огромные связи систем работы разных моделей. По итогу, в наши дни, это помогает рассчитать финансовые затраты, проверить на стадии планировки работоспособность идей, логистику, безопасность и многое другое.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петросов, Д. А. Имитационное моделирование в задачах конфигурирования дискретных объектов с заданным поведением:

специальность 05.13.18 "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Петросов Давид Арегович. – Белгород, 2010. – 5–18 с.

2. Хукаленко, Е. Е. Моделирование систем вентиляции помещений сварочных цехов с использованием нескольких источников энергии / Е. Е. Хукаленко // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук : Сборник докладов Национальной конференции с международным участием, Белгород, 18–20 мая 2022 года. Том Часть 13. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 456-460.

3. Jianfeng Z. Petri-net based modeling and queuing analysis for resource-oriented cooperation of emergency response actions / Jianfeng Zhou, Genserik Reniers // Process Safety and Environmental Protection – 2016 – vol. 102 – 567-576 pp.

**УДК 004.896**

***Черновский Д.Д.***

***Научный руководитель: Корняк К. С. ст. преп.***

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ КОСМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ**

Информационные технологии (ИТ) имеют решающее значение в управлении и развитии космических систем. С момента запуска первого искусственного спутника Земли, Спутника-1, в 1957 году, информационные технологии сыграли ключевую роль в эволюции космической отрасли. В данной статье рассмотрим, какие конкретные ИТ-инновации применяются в управлении космическими системами, и как они влияют на нашу способность исследовать космос.

ИТ в проектировании и разработке. Современные космические миссии требуют сложных систем с уникальными требованиями, и ИТ играют ключевую роль в их проектировании и разработке. Суперкомпьютеры используются для моделирования и анализа сложных динамических процессов, таких как полеты к другим планетам или развертывание космических телескопов. Такие вычисления позволяют инженерам оптимизировать конструкцию и увеличить надежность систем.