УДК 614.841

А.А. Кирсанов[1], Ю.В. Прус[2], В.В. Синицын[1]
([1]МГТУ им. Н.Э. Баумана, [2]Академия ГПС МЧС России;
e-mail: prus.yurii@gmail.com)

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ХАРАКТЕРА АВТОМОБИЛЬНЫХ АВАРИЙ С ОПАСНЫМ ГРУЗОМ

Проанализированы возможные состояния системы "транспортное средство – опасный груз" при возникновении чрезвычайной ситуации, зафиксированной датчиками автоматической идентификации аварии. Выявлена возможность сокращения объёма информации, обусловленная дублированием возможных состояний системы. Построена модель состояний в виде двудольного графа.

Ключевые слова: автомобильные аварии, транспортное средство, опасный груз, датчики автоматической идентификации аварий, таблица состояний.

A.A. Kirsanov, Yu.V. Prus, V.V. Sinitcyn

AUTOMATED SYSTEM FOR IDENTIFYING THE NATURE OF CAR ACCIDENTS WITH DANGEROUS CARGO

The possible state of the system "vehicle – dangerous goods" in case of emergencies recorded by the sensors for the automatic identification of an accident was analyzed. The possibility of reducing the amount of information due to duplication possible the states of system was identified. A model of states in the form of a bipartite graph is constructed.

Key words: car accident, vehicle, dangerous goods, sensors for automatic identification of accidents, state table.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 26 декабря 2016 г.

Ранее авторами [1] был предложен состав датчиков для автоматической идентификации автомобильной аварии с ***опасным грузом (ОГ)***, включающий датчик удара, датчик положения (опрокидывание) и датчик давления. Дальнейшие исследования показали, что для полноты представления исходов аварии требуется дополнить предлагаемый состав датчиком температуры, извещающий о пожаре на ***транспортном средстве (ТС)*** (в салоне, моторном отсеке, кузове).

При столкновении (лобовое, боковое, касательное) и наезде на препятствие или стоящее транспортное средство механическое воздействие на автомобиль (цистерну с опасным грузом) представляет собой удар. Возможны следующие исходы удара:

- автомобиль сохранил исходное положение;
- опрокидывание автомобиля или цистерны;
- разгерметизация цистерны с опасным грузом;
- возгорание автомобиля.

При опрокидывании в результате бокового удара, потери управления или технической неисправности изменяется исходное положение – транспортное средство заваливается на бок или переворачивается. Следует отметить, что при любом опрокидывании автомобиля обязательно возникает удар о грунт (подстилающую поверхность). При опрокидывании возможны следующие исходы:

- целостность цистерны не нарушена;
- произошла разгерметизация цистерны.
- возгорание автомобиля.

В летнее время при опрокидывании цистерн происходит нагрев корпуса и вещества, находящегося внутри цистерны, в результате чего повышается парообразование (вскипание). Резкое увеличение давления внутри цистерны может привести к разрушению корпуса и выходу опасного вещества в окружающее пространство, его активное испарение, образование топливовоздушной смеси с последующим воспламенением и возникновении пожара или взрыва. При пожарах часто возникает нагрев цистерны и последующее повышение давления газа в цистерне, что приводит к взрыву или воспламенению.

Рассмотрим возможные варианты состояний ТС и ОГ и регистрацию этих состояний предлагаемой системой (набором) датчиков. Обозначим x_1 – датчик удара, x_2 – датчик положения (опрокидывания), x_3 – датчик давления (фиксирует разгерметизацию цистерны с СУГ или АХОВ), x_4 – датчик температуры. Каждому датчику из предлагаемого набора поставим в соответствие двоичную (Булеву) функцию. В исходном состоянии датчика $x_i = 0$, при срабатывании датчика $x_i = 1$. Полный набор состояний системы, содержащий 4 датчика, включает 16 вариантов (табл. 1).

Таблица 1

Возможные состояния системы датчиков при аварии

№№	x_4	x_3	x_2	x_1	Комментарий
1	0	0	0	0	Движение без аварии
2	0	0	0	1	Удар (столкновение, наезд на препятствие)
3	0	0	1	0	Опрокидывание
4	0	0	1	1	Опрокидывание после столкновения
5	0	1	0	0	Разгерметизация ёмкости
6	0	1	0	1	Удар и последующая разгерметизация
7	0	1	1	0	Опрокидывание и последующая разгерметизация
8	0	1	1	1	Удар, опрокидывание и разгерметизация
9	1	0	0	0	Пожар в кабине или моторном отсеке ТС
10	1	0	0	1	Удар и пожар (воспламенение ОГ)
11	1	0	1	0	Опрокидывание и пожар (воспламенение ОГ)
12	1	0	1	1	Удар, опрокидывание и пожар (воспламенение ОГ)
13	1	1	0	0	Разгерметизация и пожар (воспламенение ОГ)
14	1	1	0	1	Удар, разгерметизация, пожар (воспламенение ОГ)
15	1	1	1	0	Опрокидывание, разгерметизация, пожар (воспламенение ОГ)
16	1	1	1	1	Удар, опрокидывание, разгерметизация, пожар (воспламенение ОГ)

Так как при опрокидывании автомобиля (цистерны) при аварии и последующим ударом о грунт, наряду с датчиком положения, обязательно сработает и датчик удара, то в строках 3, 7, 11, 15 табл. 1 и в столбце x_1 необходимо записать "1" взамен "0". В силу отличия последовательности протекания процессов: удар с последующим опрокидыванием и опрокидывание автомобиля с последующим ударом, состояния $x_1 \wedge x_2$ и $x_2 \wedge x_1$ после срабатывания датчиков становятся неразличимы. В результате чего варианты набора состояний, отмеченные номерами 3, 7, 11, 15, становятся неразличимыми с состояниями 4, 8, 12, 16, соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Фрагмент таблицы "Возможные состояния датчиков при аварии" с учётом удара о грунт при опрокидывании

№№	x_4	x_3	x_2	x_1	Комментарий
3	0	0	1	1	Опрокидывание, ***произошёл удар***
4	0	0	1	1	Удар, опрокидывание после столкновения
7	0	1	1	1	Опрокидывание, ***произошёл удар*** и последующая разгерметизация
8	0	1	1	1	Удар, опрокидывание и разгерметизация
11	1	0	1	1	Опрокидывание, ***произошёл удар*** и пожар (воспламенение ОГ)
12	1	0	1	1	Удар, опрокидывание и пожар (воспламенение ОГ)
15	1	1	1	0	Опрокидывание, ***произошёл удар***, разгерметизация, пожар (воспламенение ОГ)
16	1	1	1	1	Удар, опрокидывание, разгерметизация, пожар (воспламенение ОГ)

Исходя из этого, объём табл. 1 может быть сокращён после удаления строк 3, 7, 11, 15, неразличимых при срабатывании датчиков удара и опрокидывания (табл. 2).

В результате анализа исходов автомобильной аварии с использованием таблицы состояний (табл. 3) установлено, что реальное число возможных вариантов передаваемой информации меньше исходного (теоретического) на 25 %.

Таблица 3

Уточнённые (реальные) возможные состояния датчиков при аварии

№№	x_4	x_3	x_2	x_1	Комментарий
1 (1)	0	0	0	0	Движение без аварии
2 (2)	0	0	0	1	Удар (столкновение)
3 (3, 4)	0	0	1	1	Удар и опрокидывание
4 (5)	0	1	0	0	Разгерметизация ёмкости
5 (6)	0	1	0	1	Удар и последующая разгерметизация ёмкости
6 (7, 8)	0	1	1	1	Удар, опрокидывание и разгерметизация ёмкости
7 (9)	1	0	0	0	Пожар в кабине или моторном отсеке ТС
8 (10)	1	0	0	1	Удар и пожар (воспламенение ОГ)
9 (11, 12)	1	0	1	1	Удар, опрокидывание и пожар (воспламенение ОГ)
10 (13)	1	1	0	0	Разгерметизация и пожар (воспламенение ОГ)
11 (14)	1	1	0	1	Удар, разгерметизация, пожар (воспламенение ОГ)
12 (15, 16)	1	1	1	1	Удар, опрокидывание, разгерметизация, пожар (воспламенение ОГ)

Каждая строка полученной таблицы (кроме первой) представляет собой сообщение, передаваемое об автомобильной аварии, с расширением о её последствиях (состоянии опасного груза) – столбцы x_3, x_4. В результате передачи и обработки данных об автомобильной аварии с опасным грузом создаётся представление об обстановке, на основе которой и принимается соответствующее решение на ликвидацию последствий чрезвычайной ситуации.

Для каждого исхода после аварии в соответствии с табл. 3 запишем все возможные состояния ТС и ОГ. Совокупность состояний рассматриваемой системы можно записать в терминах Булевой алгебры:

$$S = x_1 + x_1x_2 + x_3 + x_1x_3 + x_1x_2x_3 + x_4 + x_1x_4 +$$
$$+ x_1x_2x_4 + x_3x_4 + x_1x_3x_4 + x_1x_2x_3x_4.$$

Необходимо отметить, что в случае аварии возможен ещё один исход, который не рассматривался при обосновании состава датчиков – это взрыв опасного груза. Взрыв ТС с ОГ в результате аварии не рассматривался по ряду причин. Во-первых, в силу малой вероятности наступления этого события (0,0119) даже при транспортировке сжиженных углеводородов [2, табл. Э.1]. Во-вторых, взрыв является завершающим процессом развития аварии.

Наиболее наглядно связь воздействий (поражающих факторов) на систему и её состояния (отклики на воздействия) может быть представлена двудольным графом. Для построения двудольного графа преобразуем табл. 4 с учётом возможных исходов без повторений информации.

Таблица 4

Возможные состояния датчиков при аварии

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
X1	X1		X1	X1		X1	X1		X1	X1
	X2			X2			X2			X2
		X3	X3	X3				X3	X3	X3
					X4	X4	X4	X4	X4	X4

Построим двудольный граф системы (рис. 1): источники ЧС – аварийные состояния системы "ТС – ОГ". Аварийные состояния системы дополнены взрывом цистерны с ОГ.

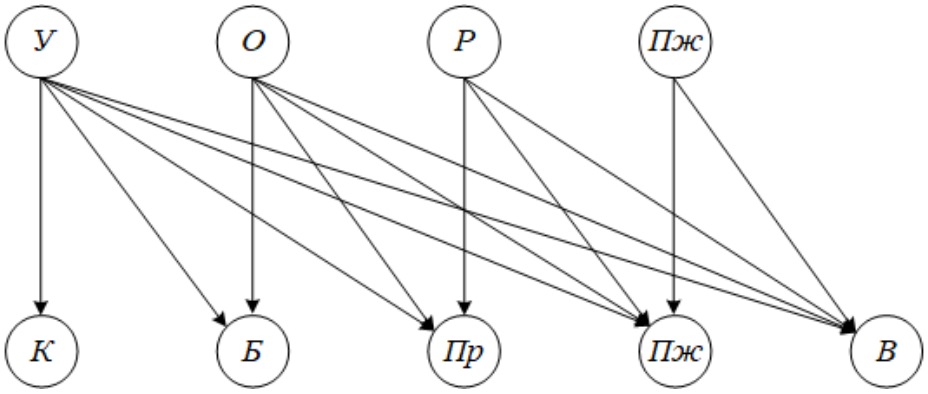

Рис. 1. Двудольный граф состояние системы "ТС - ОГ" после ДТП

Принятые обозначения в двудольном графе:

1. Источники ЧС (воздействие на систему):

У – удар при ДТП;

О – опрокидывание при ДТП;

Р – разгерметизация цистерны;

Пж – пожар в кабине или моторном отсеке ТС.

2. Аварийные состояния системы:

К – транспортное средство после удара сохранило исходное положение (автотранспорт стоит на колёсах);

Б – транспортное средство после удара и опрокидывания лежит на боку (на грунте);

ПР – разгерметизация цистерны и пролив опасного груза;

Пж – пожар и воспламенение ОГ;

В – взрыв топливовоздушной (газовоздушной) смеси.

Рассматривая дуги двудольного графа как вероятности перехода из состояния в состояние, можно оценить вероятности исходов каждого из неблагоприятных событий.

Литература

1. Кирсанов А.А., Карнюшкин А.И., Синицын В.В., Хаустов В.В. Обоснование состава датчиков автоматической идентификации ДТП с опасным грузом // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Техника и технологии. 2015. № 4 (17). Курск.

2. ГОСТ Р 12.3.047-98 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.

References

1. Kirsanov A.A., Karnjushkin A.I., Sinicyn V.V., Haustov V.V. Obosnovanie sostava datchikov avtomaticheskoj identifikacii DTP s opasnym gruzom (Substantiation of the composition of sensors for automatic identification of accidents with dangerous cargo) // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija Tehnika i tehnologii. 2015. № 4 (17). Kursk.

2. GOST R 12.3.047-98 SSBT. Pozharnaja bezopasnost' tehnologicheskih processov. Obshhie trebovanija. Metody kontrolja (Fire safety of technological processes. General requirements. Control methods).