

УДК 681.5 (07)

И.Н. Доманецкая, А.В. Хроленко, Е.В. Федусенко, А.А.Федусенко

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА МОНИТОРИНГА ПЕРЕВОЗКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ

Рассмотрены вопросы создания системы мониторинга перевозки опасных грузов, которая позволит уменьшить вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций при перевозке опасных грузов и уменьшить последствия при возникновении таких ситуаций.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, мониторинг, методы экспертных оценок, опасные факторы

Розглянуто проблему побудови програмно-апаратного комплексу моніторингу перевезення небезпечних вантажів, використання якого дозволить знизити ризик виникнення надзвичайних ситуацій та мінімізувати їх наслідки.

Ключові слова: надзвичайна ситуація, моніторинг, методи експертних оцінок, небезпечні фактори

The paper addresses the problem of building hardware and software for monitoring dangerous goods the use of which will reduce the risk of disasters and minimize their impact.

Keywords: extreme situation, monitoring, methods of expert assessments, hazardous factors

Постановка проблемы и анализ основных исследований

Перевозка опасных грузов автомобильным транспортом регламентируется следующими руководящими документами:

1. РД 13-78-94 Правила безопасности при перевозке взрывчатых материалов автомобильным транспортом;

2. ГОСТ 19433-88 ГРУЗЫ ОПАСНЫЕ КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА;

3. ГОСТ Р 51615-2000 Вещества взрывчатые промышленные. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение;

4. ГОСТ 12.1.044-89 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения;

5. ГОСТ 19433-88 Маркировка грузов;

6. ПРАВИЛА ДОРОЖНОГО ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ;

7. ИНСТРУКЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ. МВД от 23 сентября 1985 г.;

8. Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ) (Женева, 30 сентября 1957 г.)

При перевозке опасных грузов возникают факторы риска. Факторы риска - это все факторы,

увеличивающие вероятность происшествий. Чем больше факторов риска, проявляющихся одновременно, тем больше вероятность происшествия.

Авторами предлагается разработанный аппаратно-программный комплекс мониторинга перевозки опасных грузов, который включает датчики состояния транспортного средства, груза и водителя, а также информационную систему мониторинга. Применение такого комплекса позволит, учитывая факторы риска, уменьшить вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций. При этом необходимо учитывать влияние каждого из фактора на возможность возникновения данной ситуации.

Цель работы

Целью является уменьшение вероятности возникновения чрезвычайной ситуации при перевозке опасных грузов за счет применения разрабатываемого аппаратно-программного комплекса мониторинга перевозки.

Основной материал исследования

Рассмотрим основные опасные факторы, которые могут привести к возникновению чрезвычайной ситуации:

1. Интенсивное движение;
2. Повышенный расход топлива в пробочном движении;
3. Отклонение от маршрута;

- Захват или угон транспортного средства (ТС);
 - Халатность водителя.
4. Отклонение состояния здоровья водителя от нормы:
- Водитель не прошел предрейсовый медицинский осмотр или осмотр был произведен некачественно;
 - Возникло отклонение от рабочего состояния здоровья в результате перегрева организма;
 - Переутомления;
 - Ослепления;
 - Алкогольного или наркотического опьянения.
5. Дорожно-транспортное происшествие:
- Ошибка наблюдения;
 - Неправильное решение и действие;
 - Недостаточная реакция;
 - Условия освещенности:
 - Дневной свет;
 - Темное время суток;
 - Дорожные условия:
 - Сухое ровное покрытие;
 - Мокрое ровное покрытие;
 - Слякоть (мокрый снег);
 - Дорога, покрытая снегом или льдом;
 - Вина водителя;
 - нарушение правил дорожного движения, в том числе:
 - ✓ алкогольное опьянение;
 - ✓ превышение допустимой скорости движения;
 - ✓ разговоры по мобильному телефону;
 - ✓ неиспользование ремней безопасности;
 - ✓ использование неисправного транспортного средства;
 - ✓ разговор с пассажирами;
 - ✓ курение за рулём;
 - ✓ еда за рулем;
 - ✓ управление электронными устройствами (например радио, CD проигрывателем или GPS) во время движения;
 - ✓ прослушивание музыки;
 - ✓ усталость водителя (водитель при сильной усталости может уснуть за рулём);
 - нехватка тормозного пути из-за невнимательности водителя, из-за быстрых перестроений других участников движения;
 - Плохая видимость из-за природных явлений (ливни);
 - Вина другого участника движения
 - преднамеренная;
 - не преднамеренная;
 - Наезд на препятствие, съезд в кювет:
 - по вине водителя;
 - по вине других участников дорожного движения;

- в результате влияния дорожных условий.
6. Неисправное состояние ТС или отсутствие средств, улучшающих характеристики ТС:
- не был проведен осмотр ТС перед выездом;
 - неисправность возникла в результате ДТП или других факторов, влияющих на работу ТС во время движения по маршруту;
 - не были учтены средства, увеличивающие надежность данного транспортного средства;
 - погрузка ТС была произведена без учета его характеристик.
7. Факторы риска связанные с грузом:
- Некачественная тара;
 - Повреждение тары.

Прежде всего, необходимо оценить влияние каждого из факторов на возникновение чрезвычайной ситуации. Для решения данной задачи больше всего подходят методы экспертных оценок. Как можно заметить, факторы, которые будут оценивать эксперты, носят иерархический характер. Таким образом, необходимо выбрать метод, который позволит не просто провести экспертное оценивание, но и учесть иерархию факторов. Кроме того, иерархия факторов достаточно сложна, поэтому эксперты должны оценивать ее не в количественной, а в качественной шкале, а именно не давать оценку каждому из факторов, а просто указать степень влияния каждого из факторов на общую оценку. Например, словами: влияние значительно или влияние незначительно и т.п. Следовательно, основными факторами для проведения сравнительного анализа экспертных оценок (ЭО) будут:

- Возможность оценивания иерархических критериев;
 - Простота проведения опроса;
 - Возможность учета весовых коэффициентов каждого из критериев без использования дополнительных методов;
 - Высокая формализация метода расчета;
 - Несложная обработка результатов опроса.
- Всем этим требованиям соответствует экспресс метод, описанный в [1; 2]. Именно он и будет использоваться для определения важности каждого из факторов риска.

Разработка математической модели

Имеются описанные выше факторы, которые необходимо оценить. Обозначим:

1. Интенсивное движение – И;
2. Повышенный расход топлива в пробочном движении - Т;
3. Отклонение от маршрута - О;
4. отклонение состояния здоровья водителя от нормы - З;
5. дорожно-транспортное происшествие (ДТП);

6. неисправное состояние ТС или отсутствие средств улучшающих характеристики ТС - Н;
 7. перевозка опасного груза - Г.
 Опишем иерархию для тех факторов, где она есть.

- $O = \{O_1, O_2\}$
- $Z = \{Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5\}$
- $ДТП = \{ДТП_1, ДТП_2, ДТП_3, ДТП_4, ДТП_5, ДТП_6, ДТП_7, ДТП_8\}$
- $ДТП_4 = \{ДТП_{41}, ДТП_{42}\}$
- $ДТП_5 = \{ДТП_{51}, ДТП_{52}, ДТП_{53}, ДТП_{54}\}$
- $ДТП_6 = \{ДТП_{61}, ДТП_{62}, ДТП_{63}\}$
- $ДТП_7 = \{ДТП_{71}, ДТП_{72}\}$
- $ДТП_8 = \{ДТП_{81}, ДТП_{82}, ДТП_{83}\}$

- $ДТП_{61} = \{ДТП_{611}, ДТП_{612}, ДТП_{613}, ДТП_{614}, ДТП_{615},$
- $ДТП_{616}, ДТП_{617}, ДТП_{618}, ДТП_{619}, ДТП_{6110}, ДТП_{6111}\}$
- $H = \{H_1, H_2, H_3, H_4\}$
- $\Gamma = \{\Gamma_1, \Gamma_2\}$

Таким образом, общая иерархия может быть представлена следующей формулой:

$$\Phi P = \{И, Т, \{O_1, O_2\}, \{Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5\}, \{ДТП_1, ДТП_2, ДТП_3, \{ДТП_{41}, ДТП_{42}\}, \{ДТП_{51}, ДТП_{52}, ДТП_{53}, ДТП_{54}\}, \{\{ДТП_{611}, ДТП_{612}, ДТП_{613}, ДТП_{614}, ДТП_{615}, ДТП_{616}, ДТП_{617}, ДТП_{618}, ДТП_{619}, ДТП_{6110}, ДТП_{6111}\}, ДТП_{62}, ДТП_{63}\}, ДТП_7, ДТП_8\}, \{H_1, H_2, H_3, H_4\}, \{\Gamma_1, \Gamma_2\}\} \quad (1)$$

В графическом представлении иерархия факторов будет выглядеть следующим образом (рис.1).

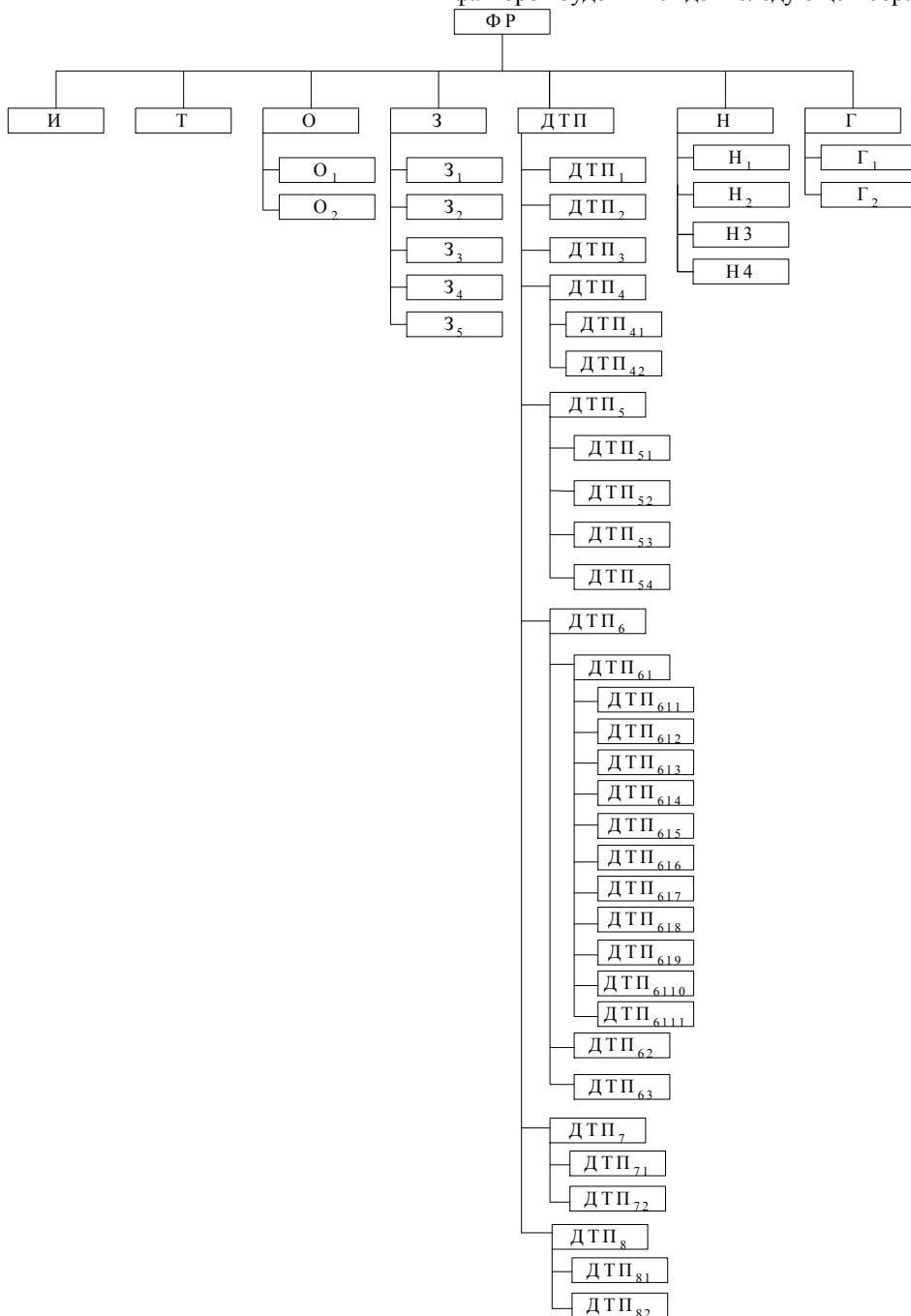


Рис.1. Иерархия факторов

Кроме того, необходимо определить степень важности каждого из факторов риска на основе анализа экспертами влияющих на него оценок нижнего уровня иерархии без предварительного определения этих оценок и определения их весовых коэффициентов. Т.е. будет определяться только степень влияния каждого из факторов на факторы более высокого уровня иерархии. На основе этого могут быть рассчитаны весовые коэффициенты.

Методика расчета степени важности факторов

Рассмотрим иерархию факторов риска (ФР). Необходимо определить w_1, \dots, w_n – степени важности (весовые коэффициенты) каждого из факторов риска и их влияние на факторы верхнего уровня при помощи опроса множества экспертов $\mathcal{E}_1, \dots, \mathcal{E}_m$, а также составить множество таблиц для каждого из уровней иерархии (табл. 1).

Таблица 1

Таблица опроса экспертов

Эксперты Факторы	Эксперт ₁	...	Эксперт _m
Фактор ₁	Качественная оценка влияния фактора	...	Качественная оценка влияния фактора
...
Фактор _n	Качественная оценка влияния фактора	...	Качественная оценка влияния фактора

В такие таблицы заносятся результаты опросов эксперта. После этого необходимо перейти от качественных показателей к количественным оценкам (табл. 2).

Таблица 2

Переход от качественных оценок к количественным

Качественная оценка	Балы
Очень малое влияние	1
Малое влияние	2
Среднее влияние	3
Высокое влияние	4
Очень высокое влияние	5

После чего формируется матрица |A|, содержащая уже числовые значения проставленных оценок в соответствии с табл. 2. Далее вычисляется скорректированная матрица |A'|. Элементы данной матрицы вычисляются по формуле:

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}}, \quad (2)$$

После чего, уже с использованием скорректированной матрицы вычисляют весовые коэффициенты каждого из факторов:

$$w_i = \sum_{j=1}^m a'_{ij}. \text{ При этом } \sum_{i=1}^n a'_{ij} = 1, \quad (3)$$

Результаты проведенного экспертного опроса показаны в табл. 3.

Таблица 3

Результаты расчета

Оценки Факторы	\mathcal{E}_1	\mathcal{E}_2	\mathcal{E}_3	\mathcal{E}_4	\mathcal{E}_5	Весовой коэффициент
Фактор ДПП ₆₁						
ДПП ₆₁₁	0,032	0,03	0,03	0,03	0,03	0,1633
ДПП ₆₁₂	0,026	0,02	0,03	0,03	0,02	0,1437
ДПП ₆₁₃	0,019	0,02	0,01	0,02	0,01	0,1111
ДПП ₆₁₄	0,013	0,01	0,00	0,00	0,01	0,0522
ДПП ₆₁₅	0,032	0,02	0,02	0,03	0,02	0,1437
ДПП ₆₁₆	0,019	0,01	0,02	0,02	0,01	0,1045
ДПП ₆₁₇	0,006	0,00	0,01	0,00	0,00	0,0392
ДПП ₆₁₈	0,013	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0784
ДПП ₆₁₉	0,013	0,01	0,00	0,00	0,00	0,0457
ДПП ₆₁₁₀	0,006	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0326
ДПП ₆₁₁₁	0,013	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0849
Фактор ДПП ₄						
ДПП ₄₁	0,062	0,06	0,06	0,06	0,06	0,3125
ДПП ₄₂	0,125	0,18	0,12	0,06	0,18	0,6875
Фактор ДПП ₅						
ДПП ₅₁	0,027	0,02	0,02	0,02	0,02	0,1351
ДПП ₅₂	0,027	0,05	0,02	0,05	0,02	0,1891
ДПП ₅₃	0,054	0,08	0,08	0,05	0,05	0,3243
ДПП ₅₄	0,054	0,05	0,08	0,08	0,08	0,3513
Фактор ДПП ₆						
ДПП ₆₁	0,102	0,08	0,10	0,10	0,08	0,4693
ДПП ₆₂	0,061	0,06	0,04	0,04	0,06	0,2653
ДПП ₆₃	0,040	0,06	0,06	0,04	0,06	0,2653
Фактор ДПП ₇						
ДПП ₇₁	0,142	0,07	0,07	0,14	0,07	0,5
ДПП ₇₂	0,142	0,07	0,14	0,07	0,07	0,5

Продолжение табл.3

Фактор ДТП ₈						
ДТП ₈₁	0,035	0,07	0,03	0,07	0,07	0,2857
ДТП ₈₂	0,071	0,03	0,07	0,07	0,10	0,3571
ДТП ₈₃	0,071	0,10	0,03	0,07	0,07	0,3571
Фактор О						
О ₁	0,106	0,10	0,10	0,10	0,10	0,5319
О ₂	0,106	0,08	0,08	0,08	0,10	0,4680
Фактор З						
З ₁	0,028	0,02	0,01	0,02	0,01	0,1226
З ₂	0,037	0,03	0,04	0,03	0,03	0,1981
З ₃	0,037	0,03	0,04	0,04	0,04	0,2169
З ₄	0,047	0,04	0,04	0,04	0,04	0,2358
З ₅	0,047	0,04	0,04	0,03	0,04	0,2264
Фактор ДТП						
ДТП ₁	0,037	0,03	0,03	0,03	0,03	0,1804
ДТП ₂	0,030	0,03	0,03	0,03	0,03	0,1729
ДТП ₃	0,022	0,03	0,02	0,03	0,02	0,1278
ДТП ₄	0,022	0,01	0,02	0,02	0,02	0,1052
ДТП ₅	0,022	0,03	0,02	0,02	0,03	0,1278
ДТП ₆	0,022	0,02	0,03	0,02	0,02	0,1203
ДТП ₇	0,022	0,02	0,01	0,02	0,02	0,1052
ДТП ₈	0,015	0,01	0,00	0,00	0,01	0,0601
Фактор Н						
Н ₁	0,027	0,02	0,05	0,02	0,02	0,1621
Н ₂	0,081	0,05	0,08	0,05	0,08	0,3513
Н ₃	0,054	0,02	0,02	0,05	0,02	0,1891
Н ₄	0,054	0,05	0,08	0,08	0,02	0,2972
Фактор Г						
Г ₁	0,1	0,15	0,1	0,15	0,15	0,65
Г ₂	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,35
Фактор ФР						
И	0,043	0,04	0,03	0,04	0,03	0,1982
Т	0,008	0,02	0,01	0,01	0,01	0,0517

Окончание табл.3

О	0,025	0,02	0,02	0,02	0,02	0,1034
З	0,043	0,03	0,04	0,03	0,04	0,1982
ДТП	0,043	0,03	0,03	0,02	0,03	0,1724
Н	0,034	0,03	0,03	0,03	0,02	0,1637
Г	0,025	0,02	0,02	0,02	0,02	0,1120

Как можно заметить из проведенного расчета На самом верхнем уровне иерархии все факторы более или мене равнозначны в своей важности. Наименее важным является фактор Т – фактор, связанный с повышенным расходом топлива. В дальнейшем, базируясь на результатах проведенных опросов экспертов, можно удалять из исследования наименее значительные факторы.

Построение деревьев событий

Логическое дерево событий предназначено для графического отображения общего характера развития возможных аварийных ситуаций и аварий с отражением причинно-следственной взаимосвязи событий в зависимости от специфики опасности объекта, оценки риска с учетом влияния на них имеющихся защитных мероприятий и является основой для оценки риска [4]. Сценарий возникновения и развития аварийной ситуации и аварии на логическом дереве отражается в виде последовательности событий от исходного до конечного события (ветвь дерева событий).

Данный метод позволяет проследить развитие возможных аварийных ситуаций и аварий, возникающих вследствие реализации иницирующих аварийную ситуацию событий. Анализ дерева событий представляет собой «осмысливаемый вперед» процесс, то есть процесс, при котором исследование развития аварийной ситуации начинается с исходного события с рассмотрением цепочки последующих событий, приводящих к возникновению аварии [5].

При построении дерева событий для поставленной задачи будем использовать обозначения данных из предыдущего раздела. Однако к ним добавятся новые.

1. Интенсивность движения И:

- перевозка опасных веществ рядом с большим скоплением людей - И₁;

- Непокойный район - И₂;

- возможность мелких ДТП – И₃

$$И = \{И_1, И_2, И_3\}.$$

2. Повышенный расход топлива в пробочном движении Т:

- нехватка топлива до места назначения – Т₁;

- необходимость заезда на автозаправку – Т₁₁

$$Т = \{Т_1\}$$

$$Т_1 = \{Т_{11}\}.$$

3. Отклонение состояния здоровья водителя от нормы З:

- ТС на определенный период времени лишается контроля со стороны водителя – ЗЗ.

4. Дорожно-транспортное происшествие ДТП :

- Почти мгновенная остановка ТС – ДТП₉;
- Возникновение динамического удара - ДТП₉₁;
- Повреждение груза – ДТП₉₁₁;
- Авария – ДТП₁₀;
- Нарушение состояния здоровья водителя – ДТП₁₀₁;

- Возникновение пожара – ДТП₁₁;
- Опрокидывание – ДТП₁₂.

5. Неисправное состояние ТС или отсутствие средств улучшающих характеристики ТС – Н:

- ТС попало в аварию – Н₅;
- ТС встало на маршруте – Н₆.

6. Груз – Г. В данном случае необходимо полностью переопределить факторы:

- халатность при погрузке опасного груза – Г₁;
- бракованная партия – Г₂;
- бракованная тара – Г₃;
- динамический удар по самому грузу – Г₄;
- негативное воздействие окружающей обстановки, в том числе природных условий, которые могут подвести состояние груза под критические показатели – Г₅;

- влияние опасных природных процессов (гроза) – Г₆

$$\Gamma = \{\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \Gamma_4, \Gamma_5, \Gamma_6\}.$$

Кроме того для груза существуют следующие факторы:

- Вскрытие оболочек с веществами первой категории – Г₇₁;
- Вскрытие оболочек с веществами второй категории – Г₇₂;
- Вскрытие оболочек с веществами третьей категории – Г₇₃;
- Возникновение ДТП при перевозке опасного груза – Г₈;
- Возникновение пожара – Г₈₁.

После чего строится дерево событий на основании, которого формируется таблица с возможными сценариями чрезвычайных ситуаций, которые впоследствии будут использоваться при создании программной части программно-аппаратного комплекса мониторинга перевозки опасных грузов.

Разработка аппаратной части

Для мониторинга перевозки опасных грузов будет использоваться датчики трех видов:

1. Датчики мониторинга состояния водителя;
2. Датчики мониторинга состояния транспортного средства;
3. Датчики мониторинга состояния груза.

Кроме этих датчиков будет использоваться объемный датчик удара. Общая схема аппаратной части приведена на рис. 2.

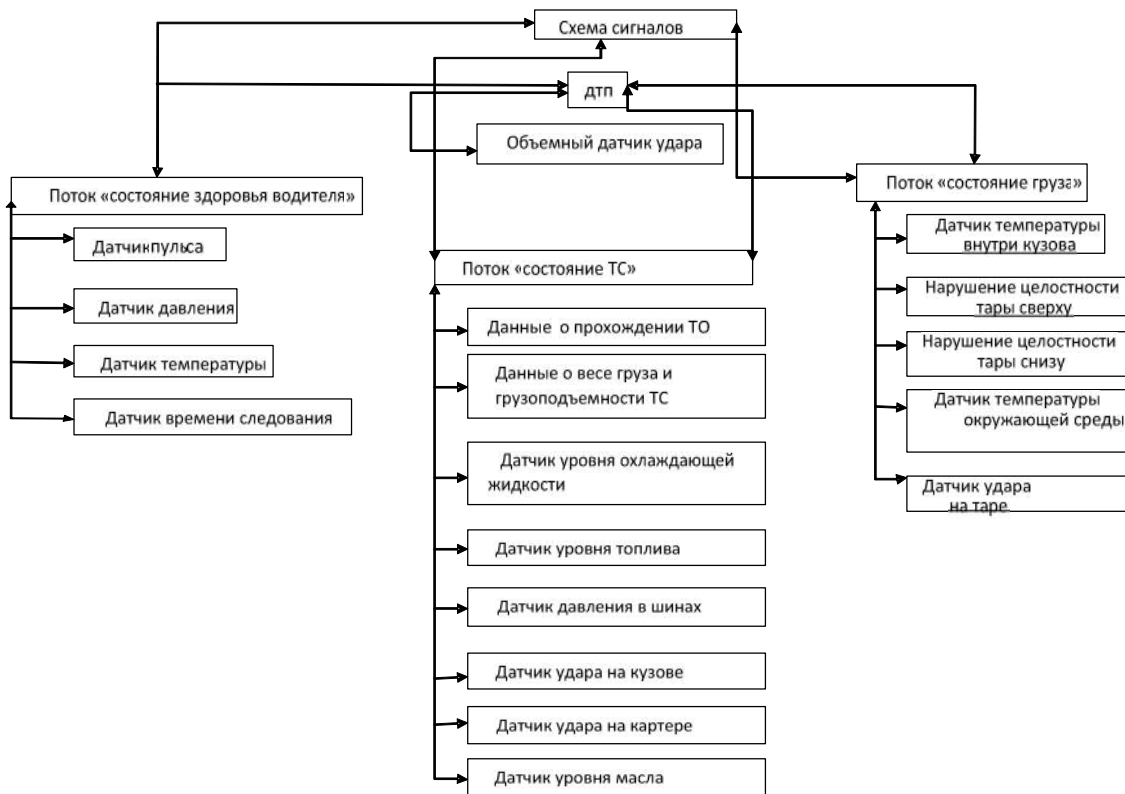


Рис. 2. Схема аппаратной части

Разработка концептуальной схемы программно-аппаратного комплекса мониторинга перевозки опасных грузов

Таким образом программно-аппаратный комплекс мониторинга перевозки опасных грузов будет состоять из следующих частей:

1. Аппаратная часть состоящая из связанной системы датчиков;
2. Программная часть, реализующая дерево решений и включающая БД, которая содержит основные сведения о факторах риска.

Обобщенная схема программно-аппаратного комплекса приведена на рис. 3.

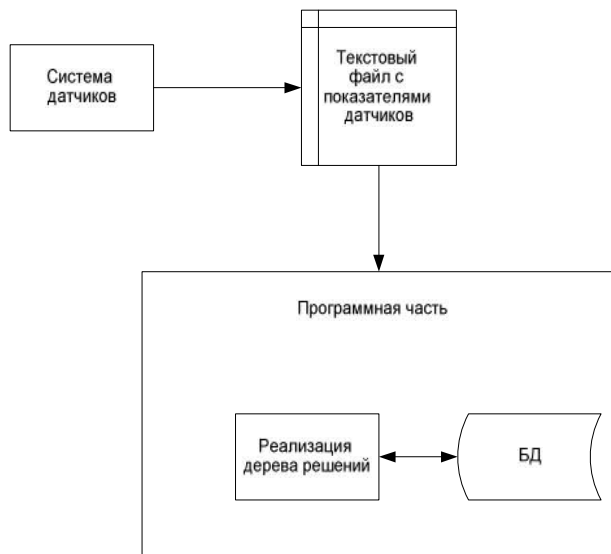


Рис.3. Обобщенная схема комплекса

Выводы

Предложен программно-аппаратный комплекс мониторинга перевозки опасных грузов, включающий в себя систему датчиков и информационную систему, работа которой базируется на применении разработанного дерева решений. Использование данного комплекса позволит снизить риск возникновения чрезвычайных ситуаций и минимизировать их последствия.

Список литературы

1. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. – М.: Статистика, 1980. – С. 263.
2. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Экспертные оценки М.: Наука, 1973. - 161 с.
3. Таха, Хэмди А. Введение в исследование операций, 6-е изд. : Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. — 912 с.
4. Приказ МЧС РФ от 25.03.2009 N 182 (ред. от 09.12.2010) "Об утверждении свода правил "Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности" (вместе с "СП 12.13130.2009...")
5. П.Г.Белов. Моделирование опасных процессов в техносфере / П.Г.Белов. – Москва: Издательство Академии гражданской защиты МЧС РФ. 1999. - 124 с.

Статья поступила в редколлегию 05.11.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Цюцюра, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев.