

## ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ ВРЕМЕНИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙ НА ОБЪЕКТАХ

*д.т.н., проф. Беликов А. С., к.т.н. Чаплыгин А. С.,  
к.т.н., доц. Шаломов В. А., ст. преп. Кравчук А. М.*

*ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»*

**Постановка проблемы.** Анализ ведения аварийно-восстановительных работ (АВР) и ремонтно-строительных работ (РСР) в экстремальных условиях показал, что до настоящего времени на современном научном уровне подход к решению различных задач теории принятия оптимальных решений при локализации и ликвидации аварийных ситуаций и их последствий фактически в полной мере не реализован.

**Связь с научными и практическими заданиями и анализ последних исследований и публикаций.** Исследования выполнены с учетом Национальной программы «Концепції загальнодержавної програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2011-2016 роки»; а также согласно приказа ГУ МЧС в Харьковской области № 202 от 13. 09. 2011 г. «Про заходи щодо проведення робіт з підвищення ефективності застосування багатофункціонального аварійно - рятувального комплексу, з корегування Довідника вулиць, провулків та майданів м. Харкова, зі створення механізму для проведення рятувальних робіт». Среди научных исследований в этом отношении можно отметить работу Касьяна А. И. [1]. К сожалению, в приведенных других немногих работах получили лишь начальное развитие основы безопасного ведения АВР и РСР.

**Цель статьи.** С учетом решений, полученных ранее, нами рассмотрен вопрос о сокращении потерь времени в пути следования на аварийные промышленные объекты и объекты стройиндустрии, начиная с момента получения сообщения о чрезвычайной ситуации (ЧС) до момента прибытия сил и средств в зону проведения работ.

**Основной материал исследований.** На предварительном этапе решения задачи сокращения времени в пути следования сначала устанавливались альтернативные кратчайшие маршруты движения от некоторых базовых узлов  $A_n^i(0)$  (начальные точки местонахождения спецподразделений в  $i$ -тых секторах карты района обслуживания) ко всем конечным точечным адресам  $B_k^i$  всех списочных  $k$ -тых объектов, где гипотетически возможно возникновение аварийной ситуации с разрушением строительных конструкций. В результате исследований были откорректированы маршруты следования к охраняемым объектам обновленного застройки Коминтерновского района, а также внесены изменения, учитывающие наличие пожарных гидрантов вблизи соответствующих объектов защиты.

В соответствии с теорией принятия решений определяем полный список  $r$ -ых альтернатив для каждой из пар секторных точек  $\{A_n^i(0); B_k^i\}_r$  пути следования к объекту, где возможно возникновение аварийной ситуации и задействование спецтехники для проведения АВР и РСР.

Возможны два подхода к принятию решений:

1) Выбор кратчайшего пути, например, по количеству преодолеваемых перекрестков и/или по километражу расстояний при движении к аварийному объекту вне зависимости от дорожных ситуаций на маршрутах (качество дорожной одежды на участках, рядность движения по участкам и т.п.).

2) Выбор пусть может быть более длинного маршрута, однако такого, который позволяет прибыть на место возникновения экстремальной ситуации за более короткое время с учетом специфических особенностей движения по маршрутам (загруженность дорог, наличия светофоров и т.д.).

*Подход 1. Поиск рациональных решений при выборе маршрутов перемещения спецтехники, не гарантирующих оптимальности*

Отождествляя общие для обоих подходов элементы формальной логики, необходимые для решения подобных задач, применим теорию графов [2].

Согласно теории, графом называется система заданных абстрактных объектов (геометрически приведенных) вместе с некоторыми парами этих объектов. В нашем случае при решении нашей модифицированной Т-задачи объектами являются система перекрестков, развязок сети автомобильных дорог, соединяющих смежные друг с другом пары перекрестков и развязок. Т.е. система, которая отображает (делает инцидентными – **И**) отношения связей между перекрестками сети дорог зоны обслуживания промышленных и гражданских объектов стройиндустрии, по которым принципиально возможно прохождение маршрутов следования специальных автомобилей от места расположения специальных подразделений («блуждающие» по секторам начальные точки  $A_n^i(0)$ ), ко всем охраняемым объектам (конечным точкам  $B_k^i$ ).

При решении задачи снижения потерь времени, которые можно уменьшить до определенного предела, на первом этапе применительно к дорожной схеме Коминтерновского района можно представить в виде системы некоторых геометрических объектов графа: узлов  $v_n$   $n$ -тых перекрестков; дуг  $e_{n-1,n}$   $n$ -тых участков дорог, соединяющих смежные друг с другом перекрестки ( $n=1,2, \dots$ ) с учетом взаимного отношения **И** узлов графа друг с другом; установления дуг адекватных движению по участкам дорог, их рядности и др. Т.е., в виде не ориентированного графа дорожной сети охраняемого района, где направления движения и дуги не ориентированы. Применением обычной процедуры сравнения протяженности конкурирующих маршрутов определяется искомый кратчайший (рациональный) путь и по числу узлов (перекрестков) и по суммарной длине маршрута.

*Подход 2. Поиск оптимальных решений*

Второй подход к решению искомой задачи сопряжен с желанием оценить и оптимизировать показатели времени в пути следования к объекту по тому

или иному рациональному маршруту, что естественно связано с уже рассмотренным первым подходом к задаче.

При принятии решения по выбору пути следования необходимо учитывать, что на время в пути следования кроме количества перекрестков и суммарной величины расстояния к объекту охраны оказывают влияние и другие, как детерминированные, так и случайные факторы задачи: дорожная обстановка (характеристика) маршрута, технические параметры спецавтомобиля, классность водителя и т.п. То есть, при углубленном втором подходе к решению Т-задач следует вводить соответствующие поправки детерминистического и стохастического характера, оказывающих влияние на предпочтения выбора при сравнении конкурирующих маршрутов.

К одним из них следует отнести: категорию дорог (протяженность, состояние дорожного покрытия и др.), процент регулируемых перекрестков на маршруте и участков с многорядным движением и т.п., иными словами иметь конкретные эквиваленты – данные о средней скорости перемещения автомобиля по составляющим маршрут следования участкам и перекресткам пути и об их протяженности. Тогда задача формулируется, как задача принятия решений в «условиях определенности» и по существу связана с классическим математическим анализом в том смысле, что затраченное на преодоление расстояния  $i$ -го участка  $e_{n-i,n}$ , (м) время  $\tau_n$ , (с).

Учет дорожной ситуации, квалификации водителя и его психофизиологического состояния, которые могут в экстремальных условиях повлиять на возможность его соучастия в возникновении ДТП, связано с тем, что этого рода Т-задачи, вообще говоря, относятся к числу задач принятия решений в «условиях риска». Хотя, в конечном счете, их тоже можно решать методами математического анализа с элементами математической статистики. Исключив из рассмотрения влияние случайных факторов и подразумевая, как это и должно быть, высокую классность водителя, можно в рамках детерминистического подхода получить решение задачи как некий «идеальный» случай, т.е. проложить оптимальный маршрут движения к охраняемому объекту, который минимизирует затраты времени в пути следования. Для чего методика определения рациональных маршрутов следования на охраняемый объект (1-й подход) нами была формализована и построен модифицированный алгоритм определения оптимального маршрута следования спецподразделения к месту вызова. То есть выбора среди  $r$  рациональных (кратчайших) путей движения к объектам гипотетических ЧС – от исходных начальных секторных точек  $A_n^i(0)$  к конечным точкам  $B_k^i$  оптимального, наиболее быстро приводящего к цели. Решения такой задачи, как уже говорилось, связано с необходимостью определения данных о средних значениях скоростей движения по всем составляющим ориентированный граф дугам (участкам дороги), включая и данные о скоростях прохождения узлов графа (перекрестков).

Для формирования требуемого банка детерминированных данных нами использовались материалы Управления ГАИ ГУ МВД Украины в Харьковской области по определению интенсивности движения транспортных пото-

ков в городе, в частности в Коминтерновском районе. Кроме того, нами проводились необходимые контрольные исследования на базе пожарной части № 31 во время реальных выездов их автомобильной техники для локализации и ликвидации ЧС в Коминтерновском районе. Изменения фактической скорости движения аварийно-спасательных автомобилей по участкам маршрутов, их среднеквадратичные отклонения, продолжительность проезда через перекрестки и сложность дорожной ситуации можно описать нормальным законом распределения. Обработка всего объема экспериментальных данных, позволила построить имитационные модели, что дает возможность оценивать изменения во времени сложных дорожных ситуаций при преодолении специальной техникой с подразделениями участков маршрута. Причем, для всех видов дорог с различными типами перекрестков (на улицах «Х» и «Т» образных, на площадях) с регулированием направлений движения и временных задержек переключений светофоров, в обычные часы и «часы пик».

На основе исследований нами был разработан алгоритм определения оптимальных маршрутов и суммарного времени в пути следования к охраняемым объектам.

В усовершенствованном нами программном продукте предусмотрена возможность его использования в сочетании с навигационной системой GPS, что дает, кроме всего прочего, возможность оперативно координировать работу сопричастных аварийно-спасательных подразделений, медицинских работников, подразделений пожарной охраны и специальных коммунальных служб города.

Для интегральной оценки функционального состояния водителя спец автомобиля нами была использована методика Баевского Р. М. [3]. При учете алгоритма с использованием бортового компьютера вместе с указанной методикой, позволило получить приведенные на рисунках 1 и 2 зависимости, которые были построены по методу наименьших квадратов (МНК) программы «Microsoft Excel» на основе экспериментальных данных.

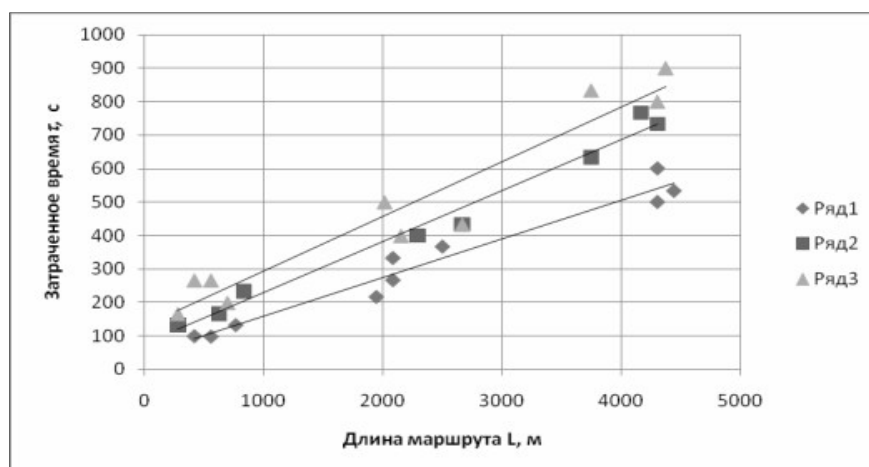


Рис.1. Изменения времени движения колонны из  $s$  автомобилей в зависимости от суммарной протяженности маршрута движения:

Ряд 1,  $s = 1$  авт.; Ряд 2,  $s = 2$  авт.; Ряд 3,  $s = 3$  автомобиля

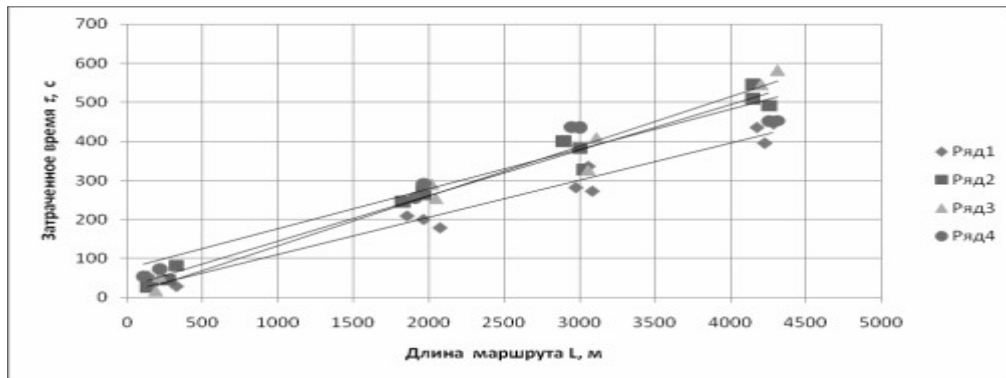


Рис.2. Изменения времени движения базовых автомобилей в зависимости от протяженности маршрута: Ряд 1 – Газель; Ряд-2 – КАМАЗ; Ряд 3 – ЗИЛ-131; Ряд 4 – ЗИЛ-130

**Обсуждение результатов.** Представленными на рисунках 1 и 2 графиками подтверждается целесообразность применения многофункциональной спецмашины на основе автомобиля «КАМАЗ», обладающей большой удельной мощностью двигателя. Поэтому предусмотрено при создании многофункционального аварийно-спасательного комплекса АСК-МФ использовать шасси «КАМАЗ-5320», включенного в расчет автомобилей пожарной части № 31 Коминтерновского района г. Харькова.

**Выводы.** На основе проведенных исследований определены рациональные маршруты следования подразделений Коминтерновского РО ГСЧС Украины в Харьковской области к аварийным объектам с минимальными потерями времени в пути следования. Разработан алгоритм определения рациональных маршрутов следования и компьютерное тактико-техническое обеспечение принятия решений руководителем при выдвижении спецподразделений к аварийным объектам. Установлена зависимость, устанавливающая требуемую скорость движения спецподразделений к гипотетической аварии с учетом маршрута движения и нормативного времени. После обработки полученных результатов исследований принят для оперативной работы откорректированный справочник: «Улицы, переулки, площади г. Харькова. Пожарные гидранты».

### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Касьян О. І. Підвищення безпеки аварійно-відновлювальних робіт з ліквідації наслідків обвалення будівельних конструкцій. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеню канд. техн. наук: спец. 05.26.01 «Охорона праці» / О. І. Касьян .Дніпропетровськ, 2010. – 20 с.
2. Харари Ф. Теория графов: Пер. с англ. / Под. ред. Г. П. Гаврилова. – М.: Мир, 1973. – 300 с.
3. Баевский Р. М. Проблема оценки и прогнозирования функционального состояния организма и ее развитие в космической медицине / Успехи физиологических наук, 2006. – № 3. – С.42–57.