

Паснак Иван Васильевич, Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности (г. Львов, Украина), старший преподаватель кафедры эксплуатации транспортных средств и пожарно-спасательной техники, кандидат технических наук, капитан службы гражданской защиты

ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СЛЕДОВАНИЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ К МЕСТУ ВЫЗОВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Значительная продолжительность свободного развития пожара приводит к большим убыткам [1, 2, 4] и значительно усложняет дальнейшие действия по тушению пожара. Поэтому сегодня остро стоит проблема поиска и реализации мероприятий по уменьшению продолжительности свободного развития пожара.

Выделением и решением проблемы сокращения продолжительности свободного развития пожара занимался ряд ученых как в Украине так и за ее пределами. Однако, в немногих работах учитывается влияние организационных факторов на продолжительность свободного развития пожара. В частности, не выделяется проблема уменьшения продолжительности следования пожарно-спасательного подразделения к месту пожара учитывая различные факторы организации дорожного движения. Итак, как видим, поиск направлений сокращения продолжительности свободного развития пожара (в частности продолжительности следования пожарно-спасательного подразделения к месту пожара) является необходимой и актуальной задачей современности.

Продолжительность свободного развития пожара можно определить по зависимости [1, 2]:

$$\tau_{с.р.} = \tau_{в.о.} + \tau_{оп.} + \tau_{об.} + \tau_{привл.} + \tau_{сб.} + \tau_{сл.} + \tau_{р.}, \quad (1)$$

где $\tau_{в.о.}$ – промежуток времени от момента возникновения пожара до его обнаружения; $\tau_{оп.}$ – промежуток времени с момента обнаружения пожара до сообщения о нем в пожарно-спасательное подразделение; $\tau_{об.}$ – время на получение и обработку сообщения о пожаре; $\tau_{привл.}$ – время на привлечение сил и средств пожарно-спасательной службы для ликвидации пожара; $\tau_{сб.}$ – продолжительность сбора и выезда личного состава пожарно-спасательной службы; $\tau_{сл.}$ – продолжительность следования подразделения к месту вызова; $\tau_{р.}$ – время оперативного развертывания подразделений, прибывших к месту вызова.

Исходя из данных работы [2], рассмотрим долю каждой составляющей уравнения (1) для оценки их влияния на общую продолжительность свободного развития пожара (рис. 1).

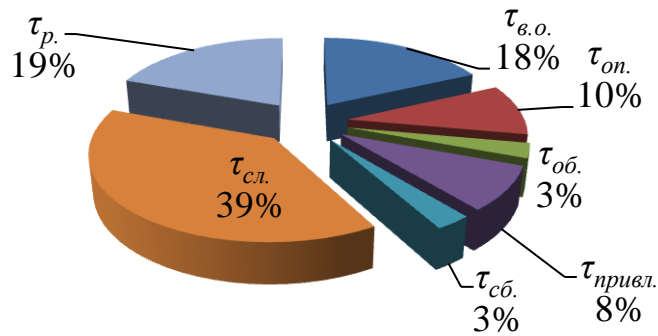


Рис. 1. Приблизительная доля составляющих при расчете продолжительности свободного развития пожара

Из рис. 1 видно, что львиную долю из когорты составляющих $\tau_{с.р.}$ занимает продолжительность следования подразделения к месту вызова, что подтверждается в работе [2].

Известно, что продолжительность следования подразделения к месту вызова определяется зависимостью [1]

$$\tau_{сл.} = 60 \frac{L_i}{V_{сл.}}, \text{ мин.}, \quad (2)$$

где L_i – расстояние от пожарно-спасательного подразделения к месту вызова, км; $V_{сл.}$ – средняя скорость движения пожарных автомобилей (принимается согласно [1] 45 км/ч на широких улицах с твердым покрытием и 25 км/ч на сложных участках), км/ч.

Однако, зависимость (2) не позволяет установить влияние различных факторов организации дорожного движения на $\tau_{сл.}$, что, безусловно, является важным при решении проблемы уменьшения продолжительности следования пожарно-спасательного подразделения к месту пожара.

Следование пожарно-спасательного подразделения к месту вызова осуществляется по улично-дорожной сети, которая состоит из транспортных узлов и дуг, которые их соединяют.

При решении проблемы уменьшения $\tau_{сл.}$ можно записать функцию цели задачи в виде:

$$\tau_{сл.} \rightarrow \min. \quad (3)$$

Отсюда, исходя из (2), имеем

$$L \rightarrow \min; \quad (4)$$

$$\overline{V_{сл.}} \rightarrow \max. \quad (5)$$

Используя гидродинамическую модель [3], запишем

$$\overline{V_{сл.}} = V_0 \cdot \ln \left(\frac{\overline{d} + \overline{L}_1}{\overline{B} + \overline{L}_1} \right), \quad (6)$$

где V_0 – скорость, что соответствует пропускной способности дуги улично-дорожной сети; \overline{d} – средняя дистанция между автомобилями в потоке; \overline{L} –

средняя длина автомобиля в потоке; \bar{B} – средняя величина расстояния между автомобилями при заторе.

С учетом вышесказанного $\tau_{сл.}$ можно записать в виде

$$\tau_{сл.} = \sum_{i=1}^m \frac{L_{\partial i}}{V_{0i} \cdot \ln \left(\frac{d_i + L_{1i}}{B_i + L_{1i}} \right)} + \sum_{i=1}^n \tau_{н.р.н.i} + \sum_{i=1}^k \tau_{р.н.i} + \sum_{i=1}^z \tau_{н.р.у.i}, \quad (7)$$

где m – количество дуг улично-дорожной сети на маршруте следования пожарно-спасательного подразделения; $L_{\partial i}$ – длина i -ой дуги; n – количество нерегулируемых перекрестков на маршруте следования; $\tau_{н.р.н.i}$ – затраты времени на проезд i -го нерегулируемого перекрестка, определяется по методике [3]; k – количество регулируемых перекрестков на маршруте следования; $\tau_{р.н.i}$ – затраты времени на проезд i -го регулируемого перекрестка, определяется по методикам [2, 3]; z – количество развязок у разных уровнях на маршруте следования; $\tau_{н.р.у.i}$ – затраты времени на проезд i -ой развязки в разных уровнях, определяется по методике [3].

Для оптимизации продолжительности следования пожарно-спасательного подразделения к месту вызова была разработана имитационная модель прогнозирования $\tau_{сл.}$ (рис. 2.).

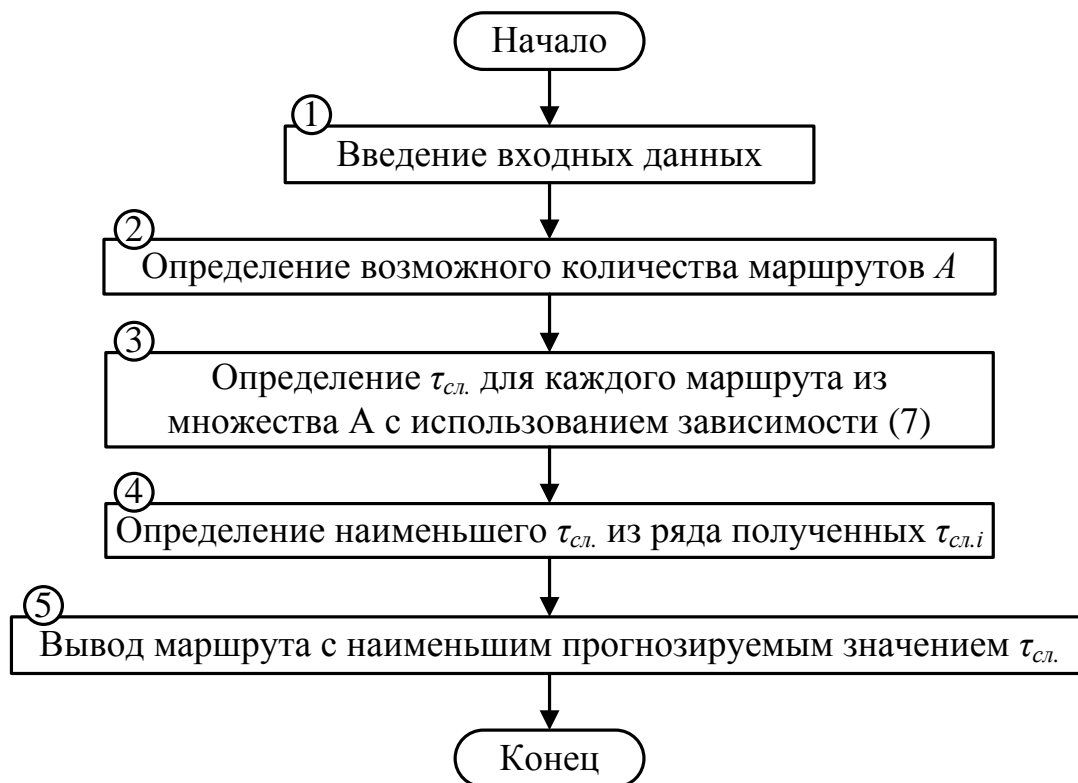


Рис. 2. Структурная схема имитационной модели прогнозирования продолжительности следования пожарно-спасательного подразделения к месту вызова

Рассмотрим последовательность операций предлагаемой имитационной модели. Сначала в блок 1 необходимо ввести исходные данные, представляющие собой координаты вызова и координаты расположения пожарно-спасательного подразделения. Далее в блоке 2 с использованием ПК осуществляется определение возможного количества маршрутов A . Это может происходить с использованием электронных карт местности и каскадного графа вариантов проезда пожарной техники [2] с выделением транспортных узлов и дуг улично-дорожной сети.

В блоке 3 происходит определение продолжительности следования пожарно-спасательного подразделения к месту вызова $\tau_{сл.}$ для каждого из полученных маршрутов с использованием зависимости (7). Потом в блоке 4 осуществляется определение наименьшего значения $\tau_{сл.}$ из ряда полученных значений. Далее в блоке 5 происходит вывод на карту улично-дорожной сети маршрута следования пожарно-спасательного подразделения к месту вызова с наименьшим значением $\tau_{сл.}$.

Стоит отметить, что расчеты по имитационной модели могут выполняться как после получения уведомления о пожаре, так и заранее для различных объектов. Это, в свою очередь, позволит также уменьшить одну из составляющих $\tau_{с.р.}$ – время на получение и обработку сообщения о пожаре $\tau_{об.}$ (см. зависимость (1)).

Выводы.

1. Установлено, что в большинстве случаев на продолжительность свободного развития пожара больше всего влияет продолжительность следования пожарно-спасательных подразделений к месту ее возникновения.

2. Предложена зависимость для определения продолжительности следования пожарно-спасательного подразделения к месту вызова с учетом особенностей структуры улично-дорожной сети.

3. Для сокращения продолжительности свободного развития пожара разработана имитационная модель прогнозирования продолжительности следования пожарно-спасательного подразделения к месту вызова, что позволяет определить оптимальный маршрут следования.

4. В дальнейшем целесообразно разрабатывать и совершенствовать существующие математические модели движения пожарно-спасательных подразделений путем учета параметров транспортных потоков и безопасности дорожного движения.

Список использованных источников

1. Иванников В.П., Ключ П.П. Справочник руководителя тушения пожара. – М.: Стройиздат 1987. – 288 с.: ил.

2. Гуліда Е. М. Зменшення тривалості вільного розвитку пожежі на основі оптимізації шляху слідування пожежних до місця її виникнення / Е.М. Гуліда // Пожежна безпека: Зб. наук. пр. – Л.: ЛДУБЖД, 2013. – №23. – С. 64-70.

3. Організація дорожнього руху / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля та ін. – 452 с. Бібліогр.: с. 447-448.

4. Паснак І. В. Підвищення ефективності ліквідації пожеж класу А і В на промислових підприємствах шляхом удосконалення технічних засобів пожежогасіння [Текст]: автореф. дис. на здоб. наук. ступеня канд. техн. наук: [спец.] 21.06.02 "Пожежна безпека" / Паснак Іван Васильович; Держ. служба України з надзвичайних ситуацій, Львів. держ. ун-т безпеки життєдіяльності. – Л., 2013. – 20 с.