

## БЕЗОПАСНОСТЬ ДОСТАВКИ СИЛ И СРЕДСТВ ПРИ ТУШЕНИИ ПРИРОДНОГО ПОЖАРА

Беляев В.Ю., Тарасенко А.А., д.т.н.  
Национальный университет гражданской защиты Украины, г.  
Харьков

Эффективность борьбы с природными пожарами, возникающими в горных заповедниках или иной труднодоступной местности, в значительной степени определяется оперативностью прибытия и боевого развертывания сил и средств (СС) пожаротушения, которая, в свою очередь, зависит от расстояния между конечной точкой маршрута движения СС и очагом пожара. Отсутствие развитой сети дорог зачастую приводит к необходимости прокладки маршрута движения пожарной техники (ПТ) в условиях бездорожья и невозможности непосредственного подъезда к очагу пожара. Повышенная крутизна рельефа существенно ограничивает возможности движения ПТ, поскольку напрямую влияет на устойчивость пожарного автомобиля, и определяет, таким образом, степень безопасности того или иного маршрута.

Решение навигационной задачи по прокладке безопасного маршрута должно учитывать реальные параметры местности (что может быть осуществлено при использовании ГИС-технологий) и тактико-технические характеристики пожарного автомобиля.

В работе [1] предложена процедура получения новой высокоточной ГИС-модели поверхности рельефа (отличной от общепринятых DEM)

$$Z(x, y) = \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{t=0}^{T-1} Z_{st}(x, y) \eta_s(x) \eta_t(y), \quad (1)$$

где  $\eta_x^s = \eta(x - h \cdot s) - \eta(x - h \cdot (s + 1))$ ;  $\eta_y^t = \eta(y - h \cdot t) - \eta(y - h \cdot (t + 1))$ ;  
 $\eta(x)$ ,  $\eta(y)$  - функция Хэвисайда;  $h$  - шаг квадратной решетки;  $S = [N_x / h]$ ;  
 $T = [N_y / h]$  - количество ячеек решетки;  $Z_{st}(x, y)$  - бикубические сплайны

$$Z_{st}(x, y) = \sum_{u=0}^3 \sum_{v=0}^3 a_{uv}^{st} (x - x_s)^v (y - y_t)^u, \quad (2)$$

где  $x_s, y_t$  - значения абсциссы и ординаты векторизированных горизонталей рельефа в узлах регулярной квадратной решетки;  $a_{uv}^{st}$  - коэффициенты, полученные из условий гладкой сшивки  $Z_{st}(x, y)$  с использованием метода Кунса.

Данная модель может быть получена на основе оцифровки графической информации (изображений горизонталей рельефа), содержащейся в обычных «твердых» картах. Достоинством данной модели является ее аналитичность, что позволяет использовать ее при прогнозировании динамики разного рода природных ЧС, в т.ч. – лесных пожаров в горах [1]. Модель позволяет находить крутизну склона  $\alpha(\varphi; x; y)$  в произвольном азимутальном направлении  $\varphi$ .

Маршрут будет считаться безопасным, если движение автомобиля будет устойчивым на всем его протяжении, т.е. когда проекция центра масс  $(x_c; y_c)$  автомобиля будет оставаться в пределах проекции его основания. В связи с этим, не всякое направление движения автомобиля в условиях бездорожья является допустимым. Нахождение области  $\Phi$  допустимых значений азимутального угла  $\varphi$  ориентации автомобиля, при которых проекция центра масс оказывается внутри границы проекции основания, можно осуществить решением неравенства

$$R(x_c(\varphi), y_c(\varphi)) \leq 0, \quad (3)$$

получаемого подстановкой координаты проекции центра масс в R-уравнение [2] контура проекции основания. В общем случае такое решение представляет собой объединение от 0 до 4 (по количеству сторон основания AC) интервалов и зависит как от ТТХ данного автомобиля, так и от крутизны склона  $\alpha$  в азимутальном направлении  $\varphi$  в каждой точке  $(x; y)$  маршрута.

Численное решение неравенства (3) в каждой вершине ломаной, аппроксимирующей маршрут, является затратным, что снижает оперативность нахождения решения, тем самым – снижает практическую ценность данной процедуры.

Предложено аналитическое решение данной задачи, существенно ускоряющее нахождение допустимых направлений движения ПТ в каждой точке области, что в дальнейшем позволит найти изохроны движения пожарного автомобиля и его оптимальный маршрут к очагу природного пожара на основе модифицированного алгоритма «встречной волны»[3].

### Список литературы

1. Абрамов Ю.А., Басманов А.Е., Тарасенко А.А. Моделирование пожаров, их обнаружения, локализации и тушения. – Харьков: НУГЗУ, 2011. – 927 с.
2. Рвачев В.Л. Теория R-функций и некоторые ее приложения. – Киев: Наукова думка, 1982. – 552 с.

3. Беляев В.Ю., Тарасенко А.А., Туркин И.Б. Нахождение оптимального маршрута эвакуации населения по существующей сети автодорог // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2011. - Вип. 13. - С. 39-46.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОЛЁТА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В ЗОНЕ ЛЕСНОГО ПОЖАРА**

**Бетина Е.Ю.**

**Национальный университет гражданской защиты Украины,  
г. Харьков**

Наиболее эффективным при тушении пожаров в больших лесных массивах является применение авиационной техники, что обусловлено удалённостью водоёмов для забора воды и плохой проходимостью наземного транспорта. При этом лесной пожар оказывает существенное влияние на приземный слой атмосферы: повышается температура; изменяется состав воздуха; усиливается горизонтальная составляющая скорости ветра, возрастает турбулентность; ухудшается видимость. Перечисленные факторы повышают вероятность выхода летательного аппарата (ЛА) на критические и закритические углы атаки, что, в свою очередь может привести к сваливанию и штопору. Очевидно, что такие усложнённые условия эксплуатации должны быть учтены ещё на этапах проектирования авиационной техники.

Проектирование ЛА сопровождается обязательным прогнозированием и изучением их аэродинамических характеристик. Для исследования динамики полёта ЛА в зоне лесного пожара наиболее эффективным представляется метод моделирования с помощью свободнолетающих динамически подобных моделей (СДПМ) в условиях Стандартной атмосферы (СА). Однако, существующий метод создания СДПМ и проведения на них лётных исследований базировался на допущении о том, что полёты и натурного ЛА, и его динамически подобной модели происходили в условия СА, то есть для решения данной задачи в исходном виде использоваться не может [1].

Поэтому целью работы является разработка методических основ моделирования динамики полёта ЛА в зоне лесного пожара с помощью СДПМ в условиях СА.

Характеристики атмосферы в зоне лесного пожара существенно отличаются от стандартных, в результате изменения температуры и состава окружающей среды вследствие физико-химических превращений во фронте пожара.

Газовая фаза в зоне лесного пожара состоит из  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ ,  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $C_2H_4$ . Но для упрощения расчётов принимаем допущение о том, что газовая фаза состоит из кислорода, летучих горючих продуктов пиролиза, продуктов реакции горения летучих горючих продуктов пиролиза ( $CO_2$ ) и инертных компонентов газовой фазы. Причём летучие горючие