

Світлична С.Д.

Моделювання надзвичайної ситуації, пов'язаної з розливом рідини, що швидко випаровується

Запропоновано метод розрахунку концентрації в повітрі парів рідини, що випаровується з поверхні розливу. Цей метод базується на розв'язанні тривимірного рівняння дифузії. Модель призначена для розрахунку концентрації небезпечних речовин в повітрі після аварії.

Ключові слова: метод розрахунку, поверхня розливу, концентрація небезпечних речовин

Svetlichnaya S.D.

The modeling of extraordinarily situation which is connected with the flood of liquid evaporating quickly

The calculation method of concentration in air of liquid steams is proposed. Liquid evaporates from the flood surface. The method is based on the decision of the three-dimensional equation of diffusion. The model is intended for the concentration calculation of dangerous substances in air after the accident.

Key words: calculation method, flood surface, concentration of dangerous substances

УДК 614. 84

Тарасенко А.А., канд. техн. наук, ст. науч. сотр., НУГЗУ

**БЕЗОПАСНОСТЬ МАРШРУТА ПРИ ДВИЖЕНИИ АВТОТЕХНИКИ
К ОЧАГУ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ В УСЛОВИЯХ
ГОРИСТОГО БЕЗДОРОЖЬЯ**

(представлено д-ром техн. наук Бодянским Э.В.)

Приведено решение задачи выбора безопасного направления движения автомобиля в условиях гористого бездорожья. Модель может быть использована в качестве ограничения при решении навигационной задачи нахождения оптимального наземного маршрута движения сил быстрого реагирования при ликвидации последствий природных и природно-техногенных ЧС

Ключевые слова: задача выбора, навигационная задача, оптимальный наземный маршрут

Постановка проблемы. Рост антропогенной нагрузки на природную среду приводит к увеличению числа техногенных ка-

тастроф (падению авиасредств, прорывам трубопроводов, обрывам линий электропередач и т.д.) в труднодоступной (горной, холмистой) местности. Минимизация последствий данных чрезвычайных событий, также как локализация или ликвидация последствий природных чрезвычайных ситуаций (ЧС) (ландшафтных пожаров, землетрясений, селей, лавин, оползней, наводнений и др.) требуют оперативного прибытия сил быстрого реагирования к эпицентру или границе области ЧС. Зачастую подразделения МЧС вынуждены при этом прокладывать наземные маршруты в условиях бездорожья.

Автомобильный транспорт при этом является наиболее распространенным наземным средством доставки сил МЧС, а боевая задача выполняется с помощью основных, специальных и вспомогательных автомобилей [1]. Поэтому возможность прокладки маршрута в условиях пересеченной местности определяется тактико-техническими характеристиками (ТТХ) используемых автомобильных средств (АС), а также характером рельефа и подстилающей поверхности в зоне ЧС.

Очевидно, что движение АС, с помощью которых силы МЧС осуществляют прибытие и/или выполнение боевой задачи, возможно лишь в случае их устойчивости на поверхности рельефа вдоль всего пути следования. Данный фактор можно рассматривать как одно из ограничений при решении навигационной задачи прокладки оптимального маршрута в условиях бездорожья.

Подобное ограничение возникает также при решении задачи маршрутизации сил пожаротушения при ликвидации природного пожара, характер борьбы с которым требует локализации и тушения очага по всему периметру [2]. Реализация данной установки особенно затруднена в условиях холмистой или горной местности в виду труднодоступности для наземных сил пожаротушения кромки пожара на крутых склонах.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах [3-4] рассмотрена в дискретной постановке (на сетке «Манхэттен») задача прокладки оптимального маршрута в условиях бездорожья и пересеченной местности. В континуальной постановке ограничения на безопасность движения автосредства ранее не рассматривались.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является нахождение пространственного поля дозволённых (по критерию

безопасности) направлений движения автосредства с заданными ТТХ по неоднородной поверхности рельефа $Z(x; y)$.

Безопасность движения АС определяется его устойчивостью на склоне (в силу невысокой скорости движения АС по пересеченной местности будем рассматривать статическую устойчивость [5]). Соответственно, возможность движения АС в азимутальном направлении φ зависит от тактико-технических характеристик и крутизны рельефа $\alpha(\varphi)$ в данном направлении.

Формализуем данное ограничение, найдя допустимые направления движения автосредства по поверхности неоднородного рельефа.

Движение передним ходом АС в направлении φ эквивалентно его ориентации в данном направлении.

Аппроксимируем АС параллелепипедом, полагая, что четыре точки опоры АС образуют прямоугольник длиной a (колесная база) и шириной b (длина оси); высота АС равна c (высотный габарит). Пусть местоположение жестко закрепленного центра масс (ЦМ) задано относительно правой задней опоры координатами $(c_a; c_b; c_c)$, где $0 \leq c_a \leq a$; $0 \leq c_b \leq b$; $0 \leq c_c \leq c$, т.е. центр масс в общем случае располагается несимметрично.

Введем локальную декартову систему координат, связанную с геометрическим центром O' проекции АС на касательную плоскость и ориентированную осью абсцисс по направлению переднего хода АС. В этом случае опора будет определяться набором координат $A_1(-a/2; -b/2)$, $A_2(a/2; -b/2)$, $A_3(a/2; b/2)$, $A_4(-a/2; b/2)$. Местоположение центра масс C в данной системе координат будет задаваться как $C(c_a - a/2; c_b - b/2; c_c)$. Оорты локальной системы координат обозначим как $(\vec{v}; \vec{t}; \vec{n})$.

Пусть в глобальной системе координат $OXYZ$ с ортами $(\vec{i}; \vec{j}; \vec{k})$ задана поверхность рельефа $Z(x; y)$ в виде [6]. В точке $(x_0; y_0)$ построим касательную плоскость

$$\tilde{Z} = z_0 + Z_x(x - x_0) + Z_y(y - y_0), \quad (1)$$

введя обозначение $z_0 = Z(x_0; y_0)$; $Z_x = \left. \frac{\partial Z(x; y)}{\partial x} \right|_{x=x_0, y=y_0}$; $Z_y = \left. \frac{\partial Z(x; y)}{\partial y} \right|_{x=x_0, y=y_0}$.

В точке касания $O'(x_0; y_0; z_0)$ поместим начало локальной системы координат, орты которой \vec{v} (связанный с направлением движения АС) и \vec{t} (перпендикулярный ему) расположим в касательной плоскости, орт \vec{n} - перпендикулярно ей. Данная система координат не связана жестко с касательной плоскостью, а вращается вокруг вектора \vec{n} (рис. 1) в зависимости от ориентации АС.

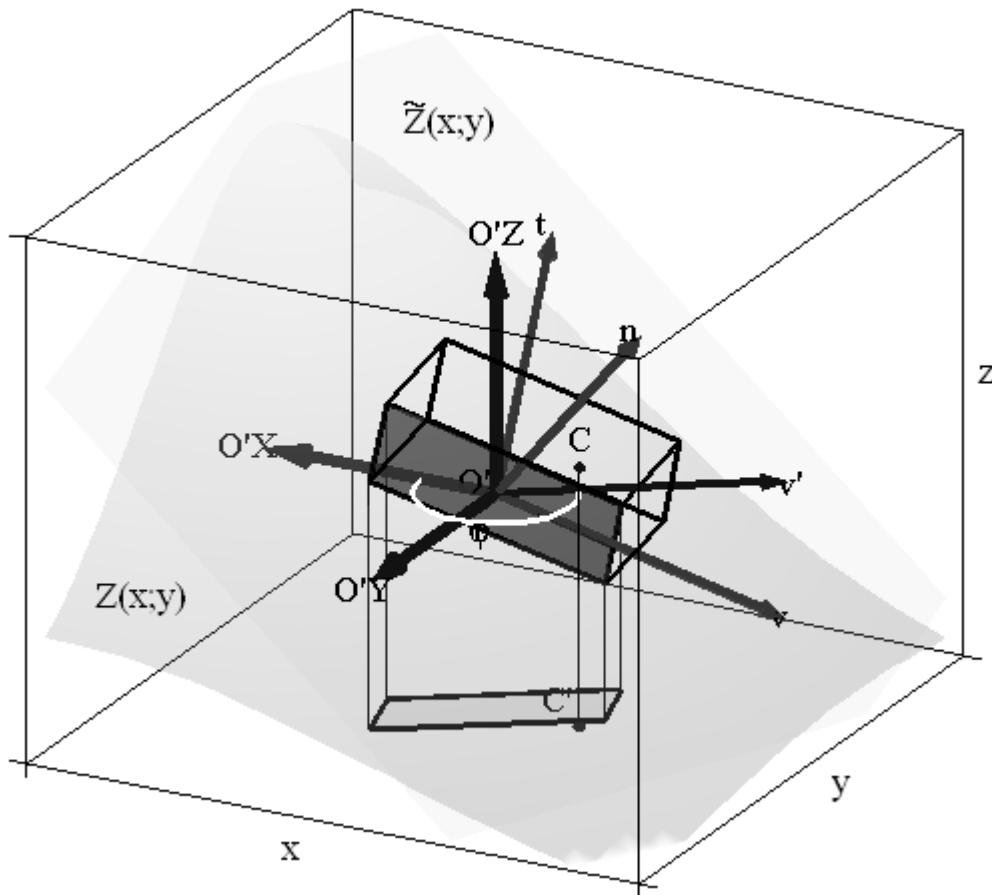


Рис. 1 – Нахождение разрешенных направлений движения АС

Проекцию вектора \vec{v} на плоскость XOY обозначим как \vec{v}' , а азимутальный угол, между \vec{v}' и \vec{i} обозначим φ ($\varphi \in [0; 2\pi]$). Данный угол определяет ориентацию АС в глобальной системе координат. Угол склона $\alpha(\varphi)$ ($-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$) в направлении φ равен

$$\alpha(x; y; \varphi) = \frac{180^\circ}{\pi} \operatorname{arctg} \left(\frac{\partial Z(x; y)}{\partial x} \cos \varphi + \frac{\partial Z(x; y)}{\partial y} \sin \varphi \right). \quad (2)$$

Орты локальной системы в системе $XOYZ$ имеют координаты

$$\vec{v}(x; y; \varphi) = \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi / |\vec{v}| \\ \sin \varphi / |\vec{v}| \\ (Z_x \cos \varphi + Z_y \sin \varphi) / |\vec{v}| \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где $|\vec{v}| = \sqrt{1 + (Z_x \cos \varphi + Z_y \sin \varphi)^2}$;

$$\vec{n}(x; y) = \begin{bmatrix} n_x \\ n_y \\ n_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -Z_x / |\vec{n}| \\ -Z_y / |\vec{n}| \\ 1 / |\vec{n}| \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где $|\vec{n}| = \sqrt{1 + Z_x^2 + Z_y^2}$;

$$\vec{t}(x; y; \varphi) = \frac{\vec{n} \times \vec{v}}{|\vec{n} \times \vec{v}|} = \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{bmatrix} = \frac{1}{|\vec{n} \times \vec{v}|} \begin{bmatrix} n_y v_z - n_z v_y \\ n_z v_x - n_x v_z \\ n_x v_y - n_y v_x \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Направляющие косинусы между оортами глобальной и локальной систем координат, в виду их нормированности, равны соответствующим координатам ортов локальной системы в системе OXYZ

$$\begin{aligned} \cos \angle(\vec{i}, \vec{v}) &= v_x; & \cos \angle(\vec{i}, \vec{t}) &= t_x; & \cos \angle(\vec{i}, \vec{n}) &= n_x; \\ \cos \angle(\vec{j}, \vec{v}) &= v_y; & \cos \angle(\vec{j}, \vec{t}) &= t_y; & \cos \angle(\vec{j}, \vec{n}) &= n_y; \\ \cos \angle(\vec{k}, \vec{v}) &= v_z; & \cos \angle(\vec{k}, \vec{t}) &= t_z; & \cos \angle(\vec{k}, \vec{n}) &= n_z; \end{aligned} \quad (6)$$

Имея в распоряжении (6), можно определить координаты точек A_1, A_2, A_3, A_4 и С в глобальной системе OXYZ на основании формул перехода [7]

$$\begin{aligned} x &= x_0 + x' \cos \angle(\vec{i}, \vec{v}) + y' \cos \angle(\vec{i}, \vec{t}) + z' \cos \angle(\vec{i}, \vec{n}); \\ y &= y_0 + x' \cos \angle(\vec{j}, \vec{v}) + y' \cos \angle(\vec{j}, \vec{t}) + z' \cos \angle(\vec{j}, \vec{n}); \\ z &= z_0 + x' \cos \angle(\vec{k}, \vec{v}) + y' \cos \angle(\vec{k}, \vec{t}) + z' \cos \angle(\vec{k}, \vec{n}), \end{aligned} \quad (7)$$

подставляя соответствующие координаты вместо x' , y' , z' . Координаты $(x_{A_i}; y_{A_i})$, где $i = \overline{1..4}$ и $(x_c; y_c)$, в системе координат $OXYZ$, в силу (1)-(7), будут зависеть от угла φ (в отличие от локальной системы координат).

Рассматривая проекцию основания средства и центра тяжести на плоскость XOY (рис. 2), можно видеть, что в зависимости от местоположения центра масс, ориентации AC φ и координаты точки $(x_0; y_0; z_0)$ на неоднородной поверхности рельефа $Z(x; y)$, проекция центра масс C' может лежать как вне проекции основания (рис. 2-а), что соответствует неустойчивому положению AC , так и внутри нее (рис. 2-б).

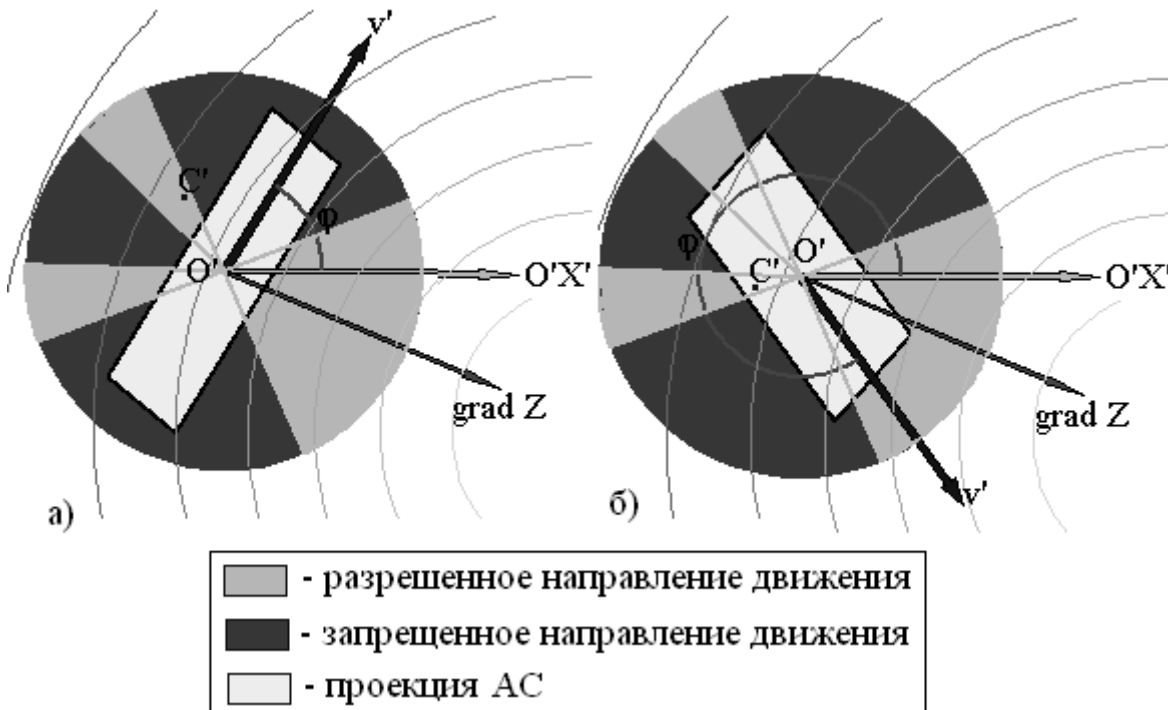


Рис. 2 – Найденные разрешенные и запрещенные направлений движения AC

Нахождение области Φ допустимых значений азимутального угла φ ориентации AC , при которых проекция центра масс оказывается внутри границы проекции основания, может быть осуществлено численным решением неравенства

$$R(x_c(\varphi), y_c(\varphi)) \leq 0, \quad (8)$$

получаемого подстановкой координаты проекции центра масс в R -уравнение [8] контура проекции основания. В общем случае такое решение представляет собой объединение от 0 до 4 (по количеству сторон основания АС) интервалов и зависит как от ТТХ данного АС, так и от крутизны склона α в точке $(x_0; y_0)$.

Поскольку точка $(x_0; y_0)$ может быть выбрана произвольно, то приведенная процедура позволяет получить пространственное поле разрешенных и запрещенных направлений движения АС по реальному [6] рельефу (рис. 3).

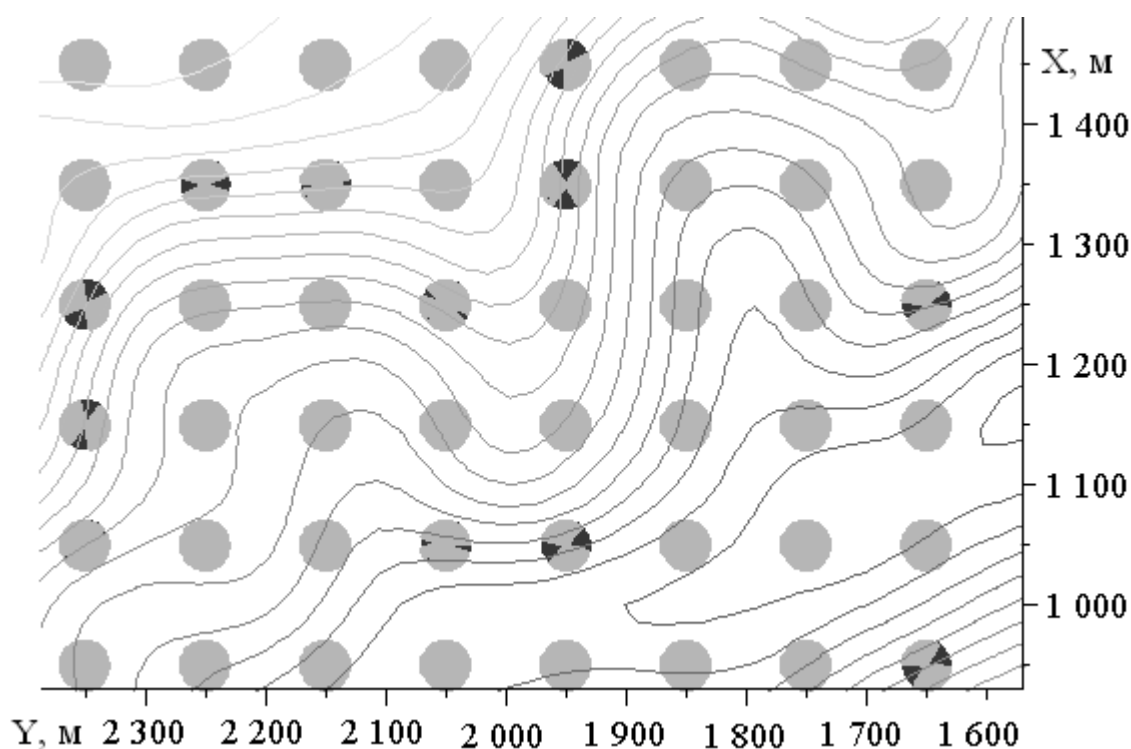


Рис. 3 – Поле разрешенных и запрещенных направлений движения АС в дискретном множестве узлов реального рельефа

Данное поле будет специфичным для каждого из видов используемых АС, поэтому входными параметрами модели оптимального маршрута или модели маршрута движения сил и средств пожаротушения при локализации или тушении ландшафтного пожара должны являться тактико-технические характеристики АС (конфигурация опоры, местоположение центра масс), которые должны храниться в виде элементов базы данных.

Как видно из рис. 3, устойчивость АС на склоне определяется боковым креном АС, т.е. опасность возникает при движении пер-

пендикулярно градиенту склона, а движение вверх и вниз по склону является безопасным.

Выводы. Получена модель безопасных направлений движения автосредства по пересеченной местности, которая может быть использована как ограничение при решении навигационной задачи – нахождении оптимального маршрута доставки сил МЧС к очагу природной и природно-техногенной ЧС в условиях бездорожья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванников В.П. Справочник руководителя тушения пожара / В.П. Иванников, П.П. Ключ. - М.: Стройиздат, 1987. - 288
2. Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров. – М.: Госкомлес СССР, 1976. – 110 с.
3. Абрамов Ю.А. Оптимизация маршрута движения в условиях пересеченной местности / Ю.А. Абрамов, А.А. Тарасенко // Науковий вісник будівництва. Вип. 52.– Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2009. – С. 401-407
4. Абрамов Ю.А. Поиск области запрета при моделировании маршрута в условиях гористого бездорожья / Ю.А. Абрамов, А.А. Тарасенко // Вестник ХНАДУ. Вып. 45.- Харьков: ХНАДУ, 2009. – С. 44-46
5. Аксенов П.В. Многоосные автомобили / П.В. Аксенов - М.: Машиностроение, 1989. – 140 с.
6. Абрамов Ю.А. Формирование априорной информации для системы ликвидации последствий чрезвычайной ситуации / Ю.А. Абрамов, А.А. Тарасенко // Проблемы надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. АЦЗ України. Вип. 6.– Харків: УЦЗУ, 2007. – С. 11-22
7. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев – М.: Наука, 1981. – 718 с.
8. Рвачев В.Л. Теория R-функций и некоторые ее приложения / В.Л. Рвачев – Киев: Наукова думка, 1982. – 552 с.

Тарасенко О.А.

Безпека маршруту при русі автотехніки до осередку надзвичайної ситуації в умовах гористого бездоріжжя

Наведений розв'язок задачі вибору безпечного напрямку руху автомобіля в умовах гористого бездоріжжя. Модель може бути застосована в якості обмеження при розв'язанні навігаційної задачі знаходження оптимального наземного маршруту руху сил швидкого реагування при ліквідації наслідків природних та природно-техногенних НС

Ключові слова: задача вибору, навігаційна задача, оптимальний наземний маршрут

Tarasenko A.A.

Safe route of the vehicle moving to the disaster source under the absence of roads

The solution of the problem of choosing the safe direction of the car in a mountainous roads is present. The model can be used as a constraint in solving the navigation problem of finding the optimal ground route for quick reaction force in the elimination of consequences of natural and technical disasters.

Key words: problem of choosing, navigation problem, optimal ground route

УДК 614.8

*Тищенко Е.А., преп., ЧАПБ,
Гвоздь В.М., канд. техн. наук, нач. ГУМЧСУ в Черк. обл.,
Борисенко В.Г., канд. физ.-мат. наук, доц., НУГЗУ,
Абрамов Ю.А., д-р техн. наук, гл. науч. сотр., НУГЗУ*

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ ДАТЧИКА ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

С использованием экспериментальных данных получено решение задачи идентификации передаточной функции датчика первичной информации системы ослабления последствий чрезвычайных ситуаций техногенного характера

Ключевые слова: датчик первичной информации, идентификация, переходная функция, передаточная функция

Постановка проблемы. Чрезвычайные ситуации техногенного характера могут сопровождаться пожарами [1]. В этой связи можно выделить две проблемы: снижение риска возникновения