

*Беляев В.Ю., адъюнкт, НУГЗУ,  
Тарасенко А.А., д-р техн. наук, ст. науч. сотр., НУГЗУ*

## **МОДЕЛЬ АЗИМУТАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОСРЕДСТВА, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩЕГО ЭВАКУАЦИЮ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ БЕЗДОРОЖЬЯ**

(представлено д-ром техн. наук Комяк В.М.)

Получена математическая модель, описывающая зависимость азимутальной скорости движения автосредства, осуществляющего экстренную эвакуацию населения населенного пункта, от его тактико-технических характеристик и локальных значений параметров местности. Модель может быть использована для построения динамики областей транспортной достижимости в условиях реальной обстановки.

**Ключевые слова:** эвакуация населения, скорость движения, географические информационные системы

**Постановка проблемы.** Экстренная эвакуация населенного пункта (ЭЭНП) наземными методами в основном осуществляется с помощью автотранспорта. В результате развития масштабной чрезвычайной ситуации (ЧС) (природного пожара, затопления в результате прорыва дамбы, выброса отравляющего химического вещества и т.д.) существующая транспортная сеть может оказаться разрушенной либо временно недоступной. Организация спасения населения в этом случае требует нахождения оптимальных маршрутов эвакуации в условиях бездорожья. Данные оптимальные маршруты могут быть найдены с помощью модифицированного алгоритма встречной волны [1], который предполагает построение областей транспортной достижимости. Построение динамического фронта волны предполагает учет зависимости скорости движения автосредства (АС) от тактико-технических характеристик (ТТХ), динамики параметров поражающих факторов ЧС и свойств реальной местности, учет пространственной неоднородности которых может быть осуществлен с помощью географических информационных систем (ГИС).

**Анализ последних исследований и публикаций.** В работе [2] приведена модель азимутальной скорости движения АС, учитывающая локальные параметры ландшафта и устойчивость

автосредства на склоне. При этом влияние мощности двигателя на номинальную скорость не учитывается, как и не учитываются ограничения для движения по крутизне склона. Кроме того, нахождение границ угловых интервалов разрешенных направлений движения в [2] осуществляется численно, что приводит к снижению оперативности процедуры отыскания данных интервалов.

В работе [3] приведена модель расчетной мощности двигателя автомобиля, преодолевающего склон и приведены критические значения величины склона для разных типов транспортных средств (по мощности двигателя). При этом отсутствует зависимость скорости от азимутального угла, что делает ее непригодной для нахождения областей транспортной достижимости.

**Постановка задачи и ее решение.** Целью работы является построение математической модели азимутальной скорости движения автосредства, осуществляющего экстренную эвакуацию населения населенного пункта в условиях бездорожья в зависимости от ТТХ автосредства и параметров ландшафта.

Известно [4], что скорость  $V$  движения автомобиля зависит от свойств грунта, т.е. в реальных условиях  $V = V(x; y)$ . Очевидно, что существуют природные и антропогенные препятствия (области запрета), где  $V = 0$ .

Кроме того, скорость движения зависит от топографии местности, т.е.  $V = V(\alpha)$ , где  $\alpha$  - крутизна склона в направлении движения.

Возможность движения АС определяется не только крутизной склона, но и устойчивостью АС на склоне, т.е. не всякие направления  $\phi$  движения по склону являются разрешенными. Будем полагать, что в случае неустойчивого положения АС на склоне (и, как следствие, при возможности опрокидывания АС)  $V = 0$ .

Пусть заданы ГИС-модели поверхности рельефа  $Z(x; y)$  в виде аналитической модели [2] и векторно-функциональная модель (ВФМ) [5] местности  $U(x; y)$  ( $U$  - вектор тематических слоев), описывающие окрестность  $\Omega$  населенного пункта, население которого подлежит экстренной эвакуации. В контексте предлагаемой модели актуален ГИС-слой, представляющий собой пространственное задание коэффициента  $k_v(x; y)$  ( $0 \leq k_v \leq 1$ ) влияния свойств грунта или подстилающей поверхности (данные приведены в [4]) и областей запрета на скорость движения автомобиля, т.е. возможно задание поля скорости в виде

---

Модель азимутальной скорости движения автосредства, осуществляющего эвакуацию населения в условиях бездорожья

$$V(x; y) = k_v(x; y) \cdot v_n, \quad (1)$$

где  $v_n$  - номинальная скорость АС.

Пусть известен прогноз динамики поражающих факторов ЧС, например, концентрации  $C(x; y; t)$  отравляющего химического вещества (ОХВ), выброс которого имеет место в окрестности эвакуируемого населенного пункта. Данный прогноз позволяет найти динамику границы  $L_c(x; y; t) = 0$  области предельно допустимой концентрации ОХВ, которая представляет собой дополнительную зону запрета для движения АС и задать ее в виде динамического дополнения ГИС-слоя  $k_v(x; y; t)$  в ВФМ.

Согласно [3], мощность двигателя АС, необходимая для преодоления подъема крутизной  $\alpha$  со скоростью  $v_n$  определяется выражением

$$p = \frac{v_n}{q_1 \cdot \eta_T} \cdot \left[ g \cdot m_a \cdot (f \pm \operatorname{tg} \alpha) + \frac{k_B \cdot c \cdot b \cdot v_n^2}{q_2} \right], \quad (2)$$

где  $p$  - мощность двигателя автомобиля (кВт);  $v_n$  - номинальная скорость движения автомобиля ( $\text{км} \cdot \text{ч}^{-1}$ );  $\eta_T$  - КПД трансмиссии;  $g$  - ускорение силы тяжести ( $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$ );  $m_a$  - масса автомобиля (т);  $f$  - коэффициент сопротивления качению;  $\alpha$  - угол склона (градусы);  $k_B$  - коэффициент сопротивления воздуха ( $\text{Н} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-4}$ );  $c$  - высота автомобиля (м);  $b$  - ширина автомобиля (м);  $q_1 = 3,6$ ;  $q_2 = 13000$ .

Выражение (2) справедливо для движения вверх ( $\alpha > 0$ ) и вниз ( $\alpha < 0$ ) по склону (т.е. вдоль линии градиента высоты). В то же время, данное выражение не позволяет определить скорость движения вдоль произвольного направления  $\phi$  (по косоугору).

Используя известную [2] зависимость угла склона  $\alpha$  ( $-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ ) от азимутального направления  $\phi$  ( $\phi \in [0; 2\pi]$ )

$$\alpha(x; y; \phi) = \frac{180^\circ}{\pi} \operatorname{arctg}(Z_x \cos \phi + Z_y \sin \phi), \quad (3)$$

где введены обозначения  $Z_x = \frac{\partial Z(x; y)}{\partial x}$ ;  $Z_y = \frac{\partial Z(x; y)}{\partial y}$ .

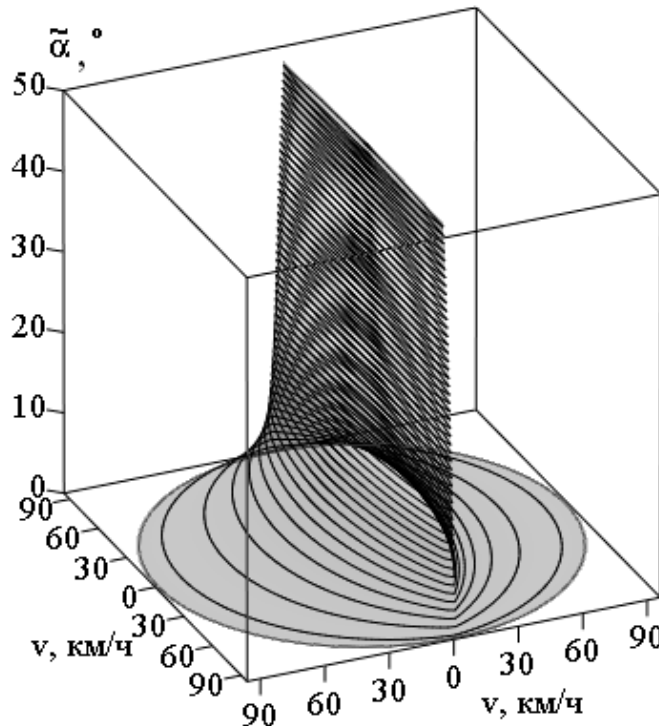
Задавая значения параметров (приведены в [4]), входящих в (2), для различных марок автомобилей, путем решения (2) относительно  $v_n$ , можно найти зависимость  $v_n(x; y; \alpha; Z(x; y); w)$ , где  $w = [p; n_T; m_a; f; k_B; c; b]$  - вектор ТТХ АС, в виде

$$v_n(x; y; \phi; Z(x; y); w) = \begin{cases} v_1, & 0 \leq \phi < \pi / 2; \\ v_2, & \pi / 2 \leq \phi < 3\pi / 2; \\ v_1, & 3\pi / 2 \leq \phi < 2\pi, \end{cases} \quad (4)$$

где

$$v_{1,2} = - \frac{\sqrt[3]{12} \left( \sqrt[3]{12A^2B_{1,2}C} - \sqrt[3]{A^4C^4 \left( 9p + \sqrt{(12B_{1,2}^3A^2 + 81P^2C)/C} \right)^2} \right)}{6AC \sqrt[3]{A^2C^2 \left( 9p + \sqrt{(12B_{1,2}^3A^2 + 81P^2C)/C} \right)}}; \quad (5)$$

$$A = 1/(q_1 \cdot \eta_T); B_{1,2} = g \cdot m_a \cdot (f \pm \operatorname{tg} \alpha(x; y; \phi; Z(x; y))); C = k_B \cdot h \cdot b/q_2.$$



**Рис. 1 – График зависимости  $v_n(\tilde{\alpha}; \phi)$  в цилиндрических координатах**

Модель азимутальной скорости движения автосредства, осуществляющего эвакуацию населения в условиях бездорожья

В том случае, если склон задается в виде плоскости  $Z = \operatorname{tg} \tilde{\alpha} \cdot x$  крутизна склона (3) не зависит от координаты  $(x; y)$ , а (4) приобретает вид  $v_n = v_n(\tilde{\alpha}; \phi; w)$ . Задавая ТТХ по данным [4], получим функцию  $v_n(\tilde{\alpha}; \phi)$ , график которой (в цилиндрических координатах) приведен на рис. 1.

Как видно из графика, с ростом крутизны  $\tilde{\alpha}$  происходит быстрое снижение скорости движения в направлении движения вверх и вниз по склону и не происходит снижения скорости при движении поперек склона.

Следует отметить, что выражение (1) не в полной мере описывает характер движения АС по склону – в работе [4] приведены значения предельных углов склона  $\alpha_{кр}$ , которые необходимо учесть в виде введения запрета на движение в азимутальном интервале  $[\phi_{кр}^1; \phi_{кр}^2]$ , нахождение границ которого осуществляется путем решения уравнения  $\alpha_{кр} = \alpha(\phi)$  относительно  $\phi$  в виде

$$\phi_{кр}^{1,2} = \operatorname{arctg} \left( -\frac{Z_x}{Z_y} \frac{\left( Z_x \operatorname{tg} \alpha_{кр} \pm \sqrt{Z_x^2 Z_y^2 - Z_y^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_{кр} + Z_y^4} \right)}{Z_x^2 + Z_y^2} + \frac{\operatorname{tg} \alpha_{кр}}{Z_y}, \right. \\ \left. \frac{Z_x \operatorname{tg} \alpha_{кр} \pm \sqrt{Z_x^2 Z_y^2 - Z_y^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_{кр} + Z_y^4}}{Z_x^2 + Z_y^2} \right). \quad (6)$$

В работе [2] приведена процедура нахождения разрешенных направлений движения, обусловленных устойчивым движением АС по поверхности рельефа, основанная на численном решении неравенства  $R(x_c(\phi); y_c(\phi)) < 0$  относительно  $\phi$ , где  $R(x; y)$  –  $R$ -уравнение проекции основания АС на плоскость  $XOY$ , а  $(x_c(\phi); y_c(\phi))$  – координаты проекции центра масс АС на  $XOY$ .

Для построения фронта волны транспортной достижимости необходимо многократно осуществлять указанное действие, что приводит к снижению оперативности всей процедуры. Для устранения данного недостатка необходимо найти аналитическое решение данного неравенства.

С этой целью на начальном этапе повторим построения [2].

Будем полагать, что движение передним ходом АС в направлении  $\phi$  эквивалентно его ориентации в данном направлении.

Аппроксимируем АС параллелепипедом, полагая, что четыре точки опоры АС образуют прямоугольник длиной  $a$  (колесная база), шириной  $b$  (длина оси) и высотой  $c$  (высотный габарит). Пусть местоположение центра масс известно и 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.

В глобальной системе координат ОХYZ с ортами  $(\vec{i}; \vec{j}; \vec{k})$ , ориентированной по сторонам света и вверх, в точке  $O'(x_0; y_0; z_0)$  к поверхности  $Z(x; y)$  построим касательную плоскость

$$\tilde{z}(x, y) = z_0 + Z_x(x_0; y_0)(x - x_0) + Z_y(x_0; y_0)(y - y_0). \quad (7)$$

Построим локальную декартову систему координат, связанную с геометрическим центром  $O'$  проекции АС и сориентированную осью абсцисс по направлению переднего хода АС. Орты локальной системы координат обозначим как  $(\vec{v}; \vec{t}; \vec{n})$ . Данная система координат не связана жестко с касательной плоскостью, а вращается вокруг вектора  $\vec{n}$ . В этой системе координат опора будет определяться набором точек  $A'_1(-a/2; -b/2)$ ,  $A'_2(a/2; -b/2)$ ,  $A'_3(a/2; b/2)$ ,  $A'_4(-a/2; b/2)$ . Местоположение центра масс  $C'$  в локальной системе координат будет задаваться как  $C'(a'_c; b'_c; c'_c) = C'(c_a - a/2; c_b - b/2; c_c)$ .

Параметрические (параметр  $\lambda$ ) уравнения отрезков - сторон четырехугольника  $A'_1A'_2A'_3A'_4$  в локальной системе будут иметь вид

$$\begin{aligned} A'_1A'_2(\lambda) &= \begin{cases} X_{A'_1A'_2} = \lambda, & -a/2 \leq \lambda \leq a/2; \\ Y_{A'_1A'_2} = -b/2; \end{cases} \\ A'_4A'_3(\lambda) &= \begin{cases} X_{A'_4A'_3} = \lambda, & -a/2 \leq \lambda \leq a/2; \\ Y_{A'_4A'_3} = b/2; \end{cases} \\ A'_1A'_4(\lambda) &= \begin{cases} X_{A'_1A'_4} = -a/2; \\ Y_{A'_1A'_4} = \lambda, & -b/2 \leq \lambda \leq b/2; \end{cases} \\ A'_2A'_3(\lambda) &= \begin{cases} X_{A'_2A'_3} = a/2; \\ Y_{A'_2A'_3} = \lambda, & -b/2 \leq \lambda \leq b/2. \end{cases} \end{aligned} \quad (8)$$

Поскольку локальная система координат вращается вместе с АС, то уравнения сторон основания и координаты центра масс в ней не будут зависеть от угла ориентации АС, в отличие от уравнений данных отрезков в глобальной системе  $OXYZ$ , которые могут быть найдены на основании формул перехода от одной системы координат к другой [2]

$$A_1A_2(\lambda; \phi) = \begin{cases} X_{A_1A_2} = x_0 + [2\lambda A \cos \phi + bCZ_y + b \sin \phi][2AB]^{-1}; \\ Y_{A_1A_2} = y_0 + [2\lambda A \sin \phi - bCZ_x + b \cos \phi][2AB]^{-1}; \\ Z_{A_1A_2} = z_0 + [2\lambda AC + bD][2AB]^{-1}; \quad -a/2 \leq \lambda \leq a/2; \end{cases}$$

$$A_2A_3(\lambda; \phi) = \begin{cases} X_{A_2A_3} = x_0 - [2\lambda(\sin \phi + CZ_y) - aA \cos \phi][2AB]^{-1}; \\ Y_{A_2A_3} = y_0 + [2\lambda(\cos \phi + CZ_x) + aA \sin \phi][2AB]^{-1}; \\ Z_{A_2A_3} = z_0 - [2\lambda D - aAC][2AB]^{-1}; \quad -b/2 \leq \lambda \leq b/2, \end{cases} \quad (9)$$

$$A_3A_4(\lambda; \phi) = \begin{cases} X_{A_3A_4} = x_0 + [2\lambda A \cos \phi - bCZ_y - b \sin \phi][2AB]^{-1}; \\ Y_{A_3A_4} = y_0 + [2\lambda A \sin \phi + bCZ_x + b \cos \phi][2AB]^{-1}; \\ Z_{A_3A_4} = z_0 + [2\lambda AC - bD][2AB]^{-1}; \quad -a/2 \leq \lambda \leq a/2; \end{cases}$$

$$A_4A_1(\lambda; \phi) = \begin{cases} X_{A_4A_1} = x_0 + [2\lambda(\sin \phi + CZ_y) - aA \cos \phi][2AB]^{-1}; \\ Y_{A_4A_1} = y_0 - [2\lambda(\cos \phi + CZ_x) + aA \sin \phi][2AB]^{-1}; \\ Z_{A_4A_1} = z_0 - [2\lambda D + aAC][2AB]^{-1}; \quad -b/2 \leq \lambda \leq b/2; \end{cases}$$

где введены обозначения  $A = \sqrt{Z_x^2 + Z_y^2 + 1}$ ;  $C = Z_x \cos \phi + Z_y \sin \phi$ ;

$$B = \sqrt{1 + (Z_x \cos \phi + Z_y \sin \phi)^2}; \quad D = Z_x \sin \phi - Z_y \cos \phi.$$

Формулами

$$\begin{aligned} X_c &= x_0 + [a'_c A \cos \phi - b'_c(CZ_y + \sin \phi) - c'_c BZ_x][2AB]^{-1}; \\ Y_c &= y_0 + [a'_c A \sin \phi + b'_c(CZ_x + \cos \phi) - c'_c BZ_y][2AB]^{-1}; \\ Z_c &= z_0 + [a'_c AC - b'_c D + c'_c B][2AB]^{-1}, \end{aligned} \quad (10)$$

задаются координаты центра масс  $C(X_c; Y_c; Z_c)$  в глобальной системе.

Проекция на плоскость  $XOY$  сторон основания и центра масс будут задаваться их  $X$  и  $Y$  координатами.

В зависимости от крутизны склона, местоположения и азимутальной ориентации  $AC$ , проекция центра масс может лежать как внутри проекции основания  $AC$ , так и вне ее. Нахождение значений критических углов азимутальной ориентации  $\phi$ , определяющих устойчивую ориентацию автосредства, осуществим решением четырех систем уравнений

$$\begin{cases} X_{A_i A_{i+1}}(\lambda; \phi) = X_c(\phi); \\ Y_{A_i A_{i+1}}(\lambda; \phi) = Y_c(\phi), \end{cases} \quad (11)$$

где  $i = 1 \dots 4$  (полагая, что  $A_5 = A_1$ ). Решение каждой из систем (11) осуществлялось путем нахождения явных выражений  $\lambda_{i, i+1} = \lambda(\phi)$  из первых уравнений в виде

$$\lambda_{12,34} = \frac{\mp(b + 2b_c)(\sin \phi + C \cdot Z_y) + 2a_c A \cos \phi - 2c_c B Z_x}{2A \cos \phi} \quad (12)$$

$$\lambda_{23,41} = \frac{-(2a_c \pm a) A \cos \phi + 2b_c (\sin \phi + C Z_y) + 2c_c B Z_x}{2C Z_y}$$

и последующей подстановкой их во вторые уравнения соответствующих систем, явные решения которых относительно неизвестной  $\phi$  для каждой  $i$ -ой системы на интервале  $[0; 2\pi]$  задается множеством четырех корней  $\phi_{i, i+1}^k$  ( $k = 1 \dots 4$ ):

- для стороны  $A_1 A_2$

$$\begin{aligned} \phi_{12}^1 &= \arctg(-E_1 Z_x - F_1 Z_y; E_1 Z_y - F_1 Z_x); \\ \phi_{12}^2 &= \arctg(-E_1 Z_x + F_1 Z_y; E_1 Z_y + F_1 Z_x); \\ \phi_{12}^3 &= \arctg(E_1 Z_x + F_1 Z_y; -E_1 Z_y + F_1 Z_x); \\ \phi_{12}^4 &= \arctg(E_1 Z_x - F_1 Z_y; -E_1 Z_y - F_1 Z_x), \end{aligned} \quad (13)$$



где  $E_1 = A(b + 2b_c)$ ;  $F_1 = \sqrt{4c_c^2(Z_x^2 + Z_y^2) - (b + 2b_c)^2}$ .

- для стороны  $A_2A_3$

$$\begin{aligned}\phi_{23}^1 &= \arctg(E_2Z_y + F_2Z_x; E_2Z_x - F_2Z_y); \\ \phi_{23}^2 &= \arctg(E_2Z_y - F_2Z_x; E_2Z_x + F_2Z_y); \\ \phi_{23}^3 &= \arctg(-E_2Z_y + F_2Z_x; -E_2Z_x - F_2Z_y); \\ \phi_{23}^4 &= \arctg(-E_2Z_y - F_2Z_x; -E_2Z_x + F_2Z_y),\end{aligned}\tag{14}$$

где  $E_1 = A^{-1}(a + 2a_c)$ ;  $F_2 = \sqrt{4c_c^2(Z_x^2 + Z_y^2) - (a + 2a_c)^2}$ .

- для стороны  $A_3A_4$

$$\begin{aligned}\phi_{34}^1 &= \arctg(E_3Z_x + F_3Z_y; -E_3Z_y + F_3Z_x); \\ \phi_{34}^2 &= \arctg(E_3Z_x - F_3Z_y; -E_3Z_y - F_3Z_x); \\ \phi_{34}^3 &= \arctg(-E_3Z_x + F_3Z_y; E_3Z_y + F_3Z_x); \\ \phi_{34}^4 &= \arctg(-E_3Z_x - F_3Z_y; E_3Z_y - F_3Z_x),\end{aligned}\tag{15}$$

где  $E_3 = A(b - 2b_c)$ ;  $F_3 = \sqrt{4c_c^2(Z_x^2 + Z_y^2) - (b - 2b_c)^2}$ .

- для стороны  $A_4A_1$

$$\begin{aligned}\phi_{41}^1 &= \arctg(-E_4Z_y + F_4Z_x; -E_4Z_x - F_4Z_y); \\ \phi_{41}^2 &= \arctg(-E_4Z_y - F_4Z_x; -E_4Z_x + F_4Z_y); \\ \phi_{41}^3 &= \arctg(E_4Z_y + F_4Z_x; E_4Z_x - F_4Z_y); \\ \phi_{41}^4 &= \arctg(E_4Z_y - F_4Z_x; E_4Z_x + F_4Z_y),\end{aligned}\tag{16}$$

где  $E_4 = A^{-1}(a - 2a_c)$ ;  $F_4 = \sqrt{4c_c^2(Z_x^2 + Z_y^2) - (a - 2a_c)^2}$ .

Полученные значения критических углов, совместно с двумя значениями (6) могут образовывать границы азимутальных интервалов разрешенных направлений движения (рис. 2). Но в виду использования нетождественных преобразований при нахождении корней (13)-(16), среди них имеются побочные. Поэтому для уста-

новлення істинності корней всякий раз необхідно здійснювати перевірку виконання умови приналежності координат проекції центра мас проекції основания АС, що може бути здійснено методами вичислительної геометрії.

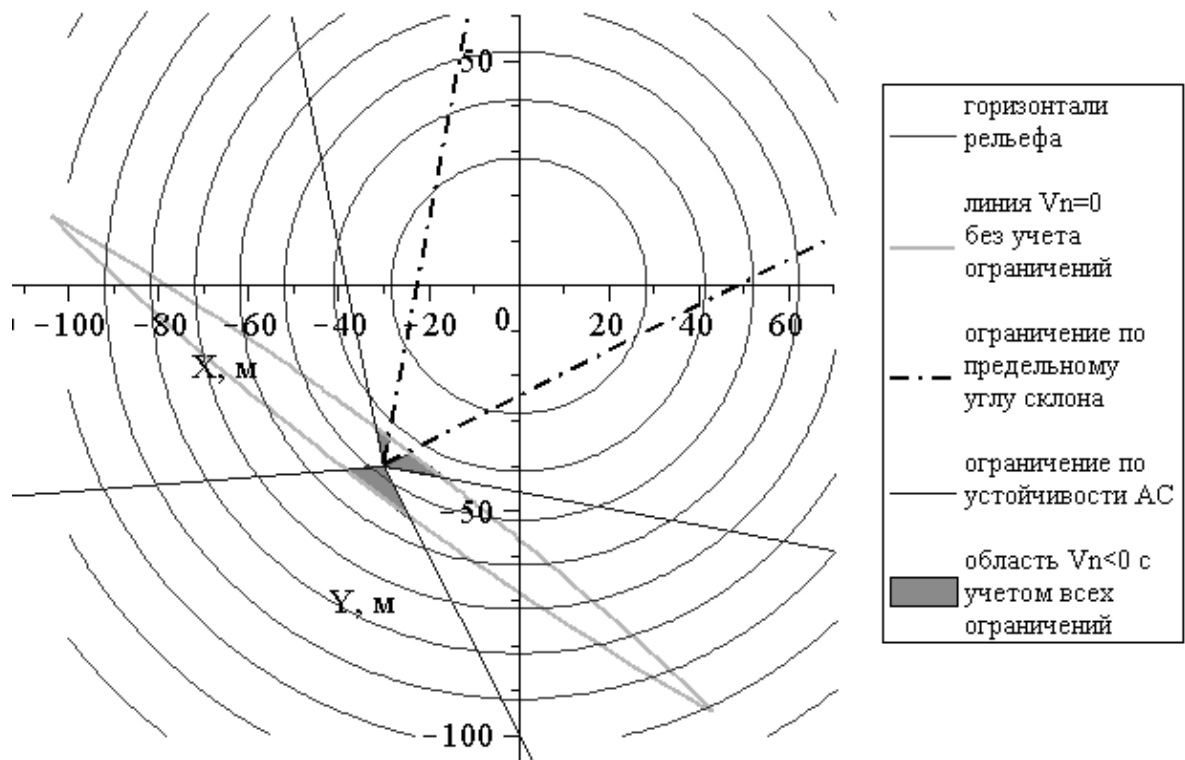


Рис. 2 – Получение разрешенных направлений движения

Осуществив данную проверку и найдя истинные значения критических углов (их количество варьирует от 0 до 2 для каждой из сторон проекции АС), можно получить азимутальные интервалы разрешенных направлений движения. Дополняя модель (1), (4)-(5) данными ограничениями и учитывая, что  $Z_x$  и  $Z_y$  являются функциями пространственных координат, получаем поле  $V(x; y; \phi; Z(x; y))$ , пример которого приведен на рис. 3.

Данное поле будет специфичным для каждого из видов используемых АС, поэтому в качестве входных параметров модели азимутальной скорости движения транспортного средства являются тактико-технические характеристики, определяющие устойчивость каждого из видов привлекаемых к эвакуации АС, которые должны храниться в виде элементов базы данных.

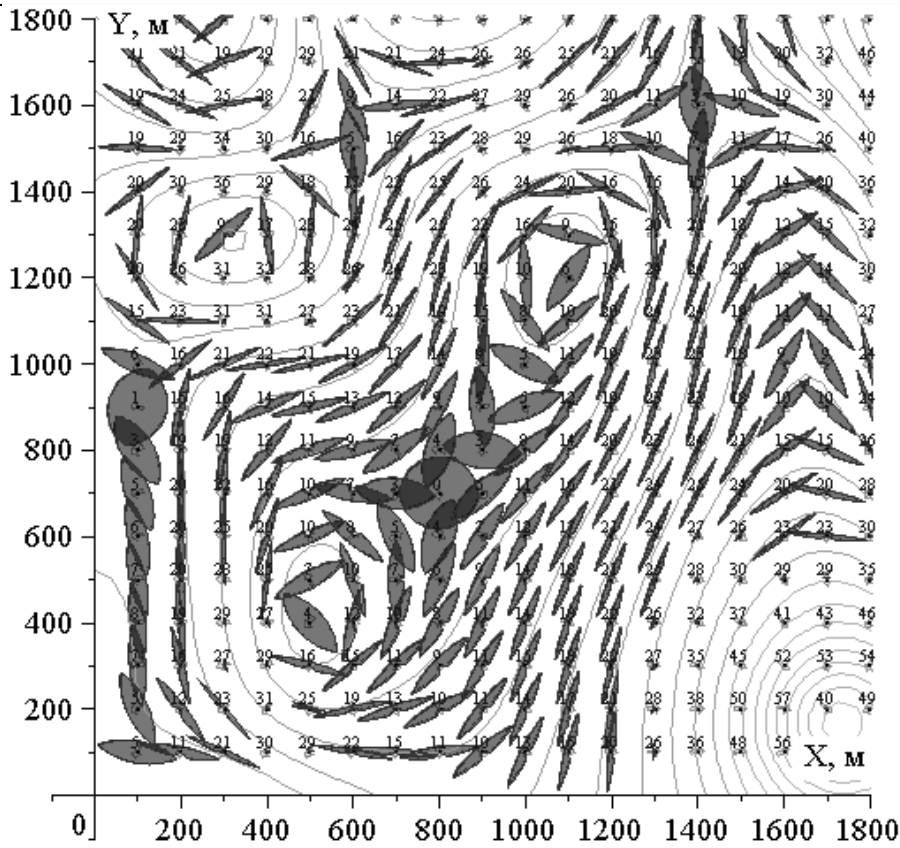


Рис. 3 – Пример поля  $v_n(x; y; \phi; Z(x; y))$ . Указана крутизна склону в градусах

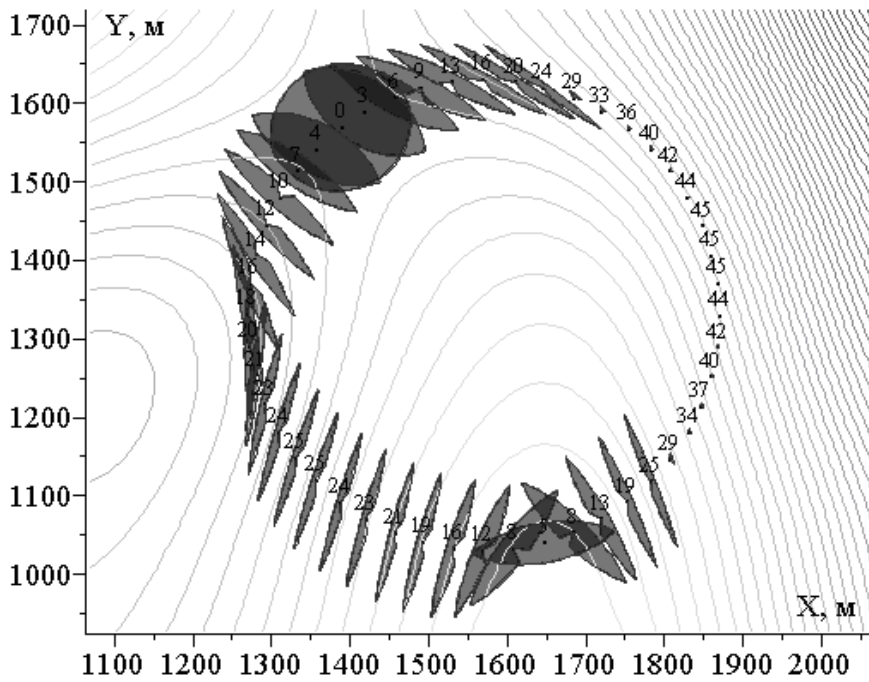


Рис. 4 – Получение поля скорости  $V(x; y; \phi; Z(x; y))$  в точках фронта области транспортной достижимости

Для ітераційного побудови динаміки області транспортної досяжності АС необхідно здійснювати побудову  $V(x_i; y_i; \phi; Z(x; y))$  в точках попередньої ітерації. Приклад такого побудови показаний на рис. 4.

**Висновки.** Отримано аналітична модель азимутальної швидкості руху автотранспорту, що здійснює екстрену евакуацію населення населеного пункту в умовах бездоріжжя. Модель адаптована до можливостей ГІС і в наступному дозволить отримати динаміку області транспортної досяжності в умовах реальної місцевості.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ушанов С.В. Оптимізація маршрутизації при управлінні боротьбою з лісовими пожегами / С.В. Ушанов, О.В. Фадєєнков // Хвойні бореальні зони. - Красноярськ: СибГТУ. - 2007. - №4-5, - С. 405-407.
2. Абрамов Ю.А., Басманов А.Е., Тарасенко А.А. Моделювання пожег, їх виявлення, локалізації та тушення. - Харків: НУГЗУ, 2011. - 927 с.
3. Хусаїнов, А. Ш. Теорія автомобіля. Конспект лекцій / А.Ш. Хусаїнов, В. В. Селіфонов - Ульяновськ: УлГТУ, 2008. - 121 с.
4. Гришкєвич А.И. Автомобілі: Теорія / А.И. Гришкєвич // Учень для вузів. - Мн.: Виш. шк., 1986. - 208 с.
5. Абрамов Ю.А. Формування апріорної інформації для системи ліквідації наслідків надзвичайної ситуації / Ю.А. Абрамов, А.А. Тарасенко // Проблеми надзвичайних ситуацій. - 2007.- Вип. 6.-С. 11-22.  
nuczu.edu.ua

Бєляєв В.Ю., Тарасенко О.А.

**Модель азимутної швидкості руху автотранспорту, що здійснює евакуацію населення в умовах бездоріжжя**

Отримано математична модель, що описує залежність азимутної швидкості руху автотранспорту, що здійснює екстрену евакуацію населення населеного пункту, від його тактико-технічних характеристик і локальних значень параметрів місцевості. Модель може бути використана для побудови динаміки областей транспортної досяжності в умовах реальної обстановки.

**Ключові слова:** евакуація населення, швидкість руху, географічні інформаційні системи

Belyaev V.U., Tarasenko O.A.

**Model of azimuthal speed of movement of vehicle which is carrying out population evacuation in cross-country conditions**

The mathematical model describing dependence of azimuthal speed of movement of vehicle, the population of the settlement carrying out emergency evacuation, from its tactical technical characteristics and local values of parameters of the district is received. The model can be used for creation of dynamics of areas of transport approachability in the conditions of a real situation.

**Key words:** evacuation of population, speed of movement, geographical information systems

**УДК 628.35**

*Горносталь С.А., преп., НУГЗУ,  
Уваров Ю.В., канд. техн. наук, нач. НМЦ УЗ, НУГЗУ,  
Назаров О.А., канд. психол. наук, проректор, НУГЗУ*

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА  
БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**  
(представлено д-ром техн. наук Соловьев В.В.)

Приведены результаты расчетов по определению оптимального режима очистки сточных вод с использованием предложенного метода выбора технологического режима работы аэротенка

**Ключевые слова:** биологическая очистка, аэротенк, сточные воды

**Постановка проблемы.** Сброс неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод является самым массовым по количеству и видам загрязняющих веществ источником загрязнения поверхностных водных объектов. Поэтому правильное обоснование применяемых технологий позволит обеспечить необходимую степень очистки и экологическое благополучие водных объектов. Основными направлениями повышения качества очистки являются совершенствование технологического процесса в существующих сооружениях или радикальное изменение их конструкции. Анализ отечественного и зарубежного опыта показывает, что из всех возможных путей создания технологически управляемых процессов биохимической очистки реализована лишь меньшая их часть, известные же попытки управления работой аэротенков связаны с ре-

Горносталь С.А., Уваров Ю.В., Назаров О.А.