

УДК 656.135.073

д.т.н., доцент, Линник І. Е.
Харківський національний університет
міського господарства ім. О.М. Бекетова

ЗВ'ЯЗОК КОМПОНЕНТІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕВОЛЮЦІЮ ЕРГОНОМІЧНОЇ СИСТЕМИ «ВТМС» У ЗАМКНУТОМУ СТАНІ

Визначено зв'язок між компонентами ергономічної системи «водій – транспортний засіб – транспортна мережа – середовище» (ВТМС), які впливають на еволюцію цієї системи, що знаходиться у замкнутому в організаційному відношенні стані.

Ключові слова: *компоненти ергономічної системи, замкнутий стан, швидкості зміни стану.*

Вступ

У закритій (замкнутій) ергономічній системі обмін речовиною та енергією з зовнішнім середовищем не призводить до зміни норми організації. Тобто у замкнутому стані ергономічна система «водій – транспортний засіб – транспортна мережа – середовище» (ВТМС) функціонує. Під функціонуванням розуміють процеси, що відбуваються у системі, яка стабільно реалізує фіксовану мету, цілі її існування не змінюються [1–4].

Зв'язок параметрів ергономічної системи ВТМС

У замкнутій в організаційному відношенні системі взаємозв'язок параметрів V_s і V_m визначається з наступної системи рівнянь:

$$\begin{aligned}\frac{dV_s}{dt} &= -V_s + 0,5V_e + V_m - V_m - 0,5V_c, \\ \frac{dV_m}{dt} &= -0,5V_m - 0,5V_m.\end{aligned}\tag{1}$$

де V_e, V_m, V_m, V_c, V_s – швидкості зміни координат стану відповідно водія, транспортного засобу, транспортної мережі, середовища і системи ВТМС; t – час.

Перш ніж аналізувати зазначений взаємозв'язок, слід зробити наступні зауваження.

Водій за рівнем організації ієрархічно вище транспортного засобу (знаряддя праці) на один рівень. У свою чергу, транспортний засіб на один рівень організації вище транспортної мережі та середовища (рис. 1).

Через те, що система ВТМС представляється в організаційному плані [5], тоді в стані динамічної рівноваги, коли швидкості зміни стану системи та її частин стають рівними, має сенс об'єднати транспортну мережу із середовищем та іменувати її при цьому середовищем руху. Таке об'єднання правомірне тому, що саме у стані динамічної рівноваги система ВТМС розмикається в організаційному відношенні і водій через свою свідомість підключає до системи нову частину природного середовища.

Зазначені міркування дозволяють представити систему рівнянь (1) за умови наявності динамічної рівноваги у вигляді

$$\begin{aligned}\frac{dV_s}{dt} &= -V_s + 0,5V_\varepsilon + V_m - 1,5V_m, \\ \frac{dV_m}{dt} &= -0,5V_m - 0,5V_m.\end{aligned}\quad (2)$$

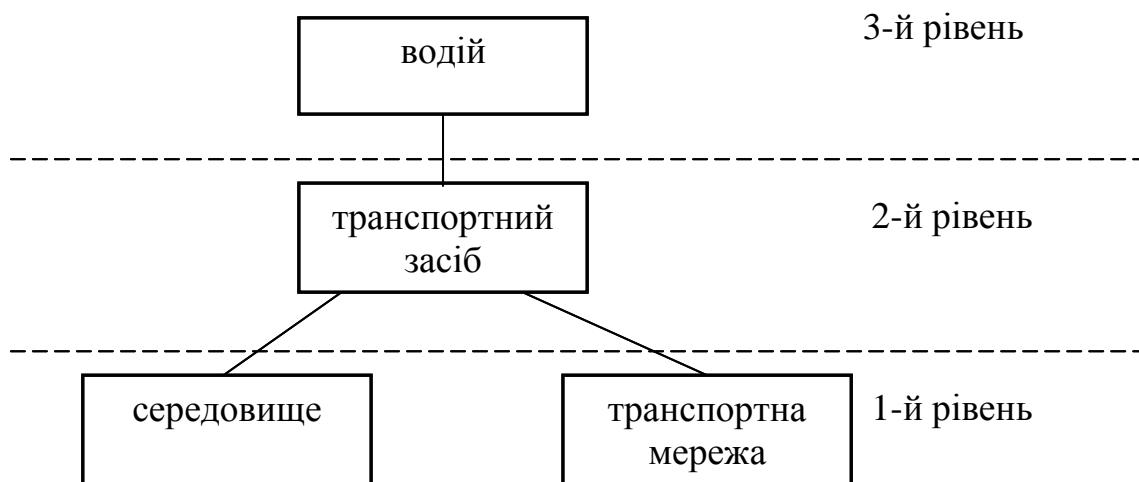


Рис. 1. Організаційні рівні системи ВТМС

Відповідно до системи рівнянь (2) головні ізокліни системи «ВТМС – середовище руху» визначаються наступними рівняннями:

$$\begin{aligned}-V_s + 0,5V_\varepsilon + V_m - 1,5V_m &= 0, \\ -0,5V_m - 0,5V_m &= 0.\end{aligned}\quad (3)$$

Через те, що в другому рівнянні системи (3) коефіцієнт при V_s дорівнює нулю, тоді ізокліна $\dot{V}_m = 0$ паралельна осі V_s . Ізокліна $\dot{V}_s = 0$ перетинається з ізокліною $\dot{V}_m = 0$ під кутом φ , тангенс якого дорівнює

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{(-1) \cdot (-0,5) - 0 \cdot (-1,5)}{0 \cdot (-1) + 0,5 \cdot (-1,5)} = 0,666, \quad \varphi = 33^\circ 42' \approx 30^\circ.$$

Розділивши друге рівняння із системи (2) на перше, отримаємо

$$\frac{dV_M}{dV_S} = \frac{-0,5V_m - 0,5V_M}{-V_S + 0,5V_\epsilon + V_m - 1,5V_M}. \quad (4)$$

Загальне рішення диференціального рівняння [6] може бути представлено у вигляді

$$-0,75V_M^2 + V_M(0,5V_\epsilon + V_m) + 0,5V_m V_S - 0,5V_S V_M + f_1 = 0, \quad (5)$$

де f_1 – постійна інтегрування.

Отже, фазова траєкторія системи «ВТМС – середовище руху» є гіперболою (рис. 2).

Координати точки перехрещення головних ізоклін

$$V_S^* = 1,5V_c + 1,5V_m; \quad V_M^* = V_c.$$

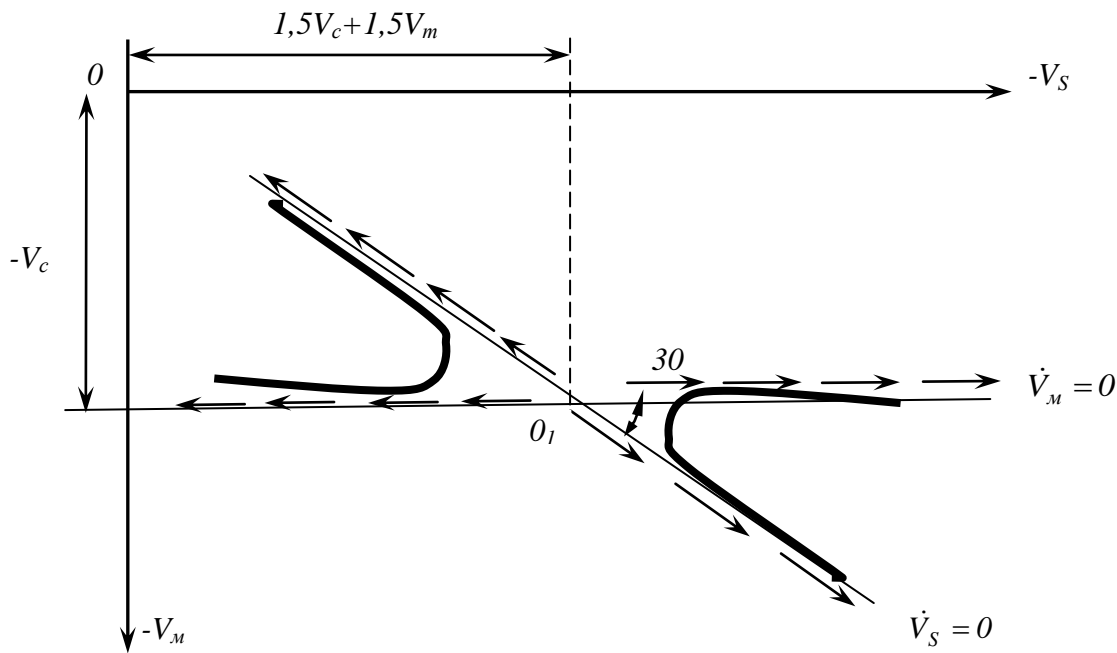


Рис. 2. Головні ізокліни і фазові траєкторії системи «ВТМС – середовище руху»

Для встановлення зв'язку між змінними V_m і V_S розглянемо наступну систему рівнянь

$$\begin{aligned} \frac{dV_m}{dt} &= 0,5V_m - 0,5V_M, \\ \frac{dV_S}{dt} &= -V_S - V_M + 0,5V_\epsilon + V_m - 0,5V_c. \end{aligned} \quad (6)$$

Використовуючи попередні зауваження (висловлені при аналізі взаємозв'язків змінних V_S і V_{cp}) і виходячи з тих же міркувань, можна об'єднати водія і транспортний засіб. Тоді рівняння (6) представляється таким чином:

$$\begin{aligned}\frac{dV_m}{dt} &= 0,5V_m - 0,5V_m, \\ \frac{dV_s}{dt} &= -V_s + 1,5V_m - 0,5V_c - V_m.\end{aligned}\quad (7)$$

Відповідно до рівнянь (7) головні ізокліни системи «ВТМС – транспортний засіб» визначається системою рівнянь:

$$\begin{aligned}0,5V_m - 0,5V_m &= 0, \\ -V_s + 1,5V_m - 0,5V_c - V_m &= 0.\end{aligned}\quad (8)$$

Якщо в першому рівнянні системи (7) коефіцієнт при V_s дорівнює нулю, тоді ізокліна $\dot{V}_m = 0$ паралельна осі V_s . Ізокліна $\dot{V}_s = 0$ перетинається з ізокліною $\dot{V}_m = 0$ під кутом φ , тангенс якого дорівнює

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{(-1) \cdot (-0,5) - 0 \cdot (1,5)}{0 \cdot (-1) + 1,5 \cdot (-0,5)} = -0,666, \quad \varphi = -33^\circ 40' 2 \approx 30^\circ.$$

Розділивши перше рівняння із системи (7) на друге, отримаємо

$$\frac{dV_m}{dV_s} = \frac{0,5V_m - 0,5V_m}{-V_s + 1,5V_m - 0,5V_c - V_m}.\quad (9)$$

Загальне вирішення диференціального рівняння може бути представлено у вигляді

$$0,75V_m^2 - V_m(0,5V_c + V_m) - 0,5V_mV_s - 0,5V_sV_m + f_2 = 0,\quad (10)$$

де f_2 – постійна інтегрування.

Отже, фазова траєкторія системи «ВТМС – транспортний засіб» є гіперболою (рис. 3, а).

Координати точки перехрещення головних ізоклін

$$V_s^* = 0; \quad V_m^* = V_c.$$

Зв'язок між змінними V_e і V_s визначається із системи рівнянь

$$\begin{aligned}\frac{dV_s}{dt} &= -V_s + V_e + V_m - 0,5V_c - V_m, \\ \frac{dV_e}{dt} &= -0,5V_e + 0,5V_c.\end{aligned}\quad (11)$$

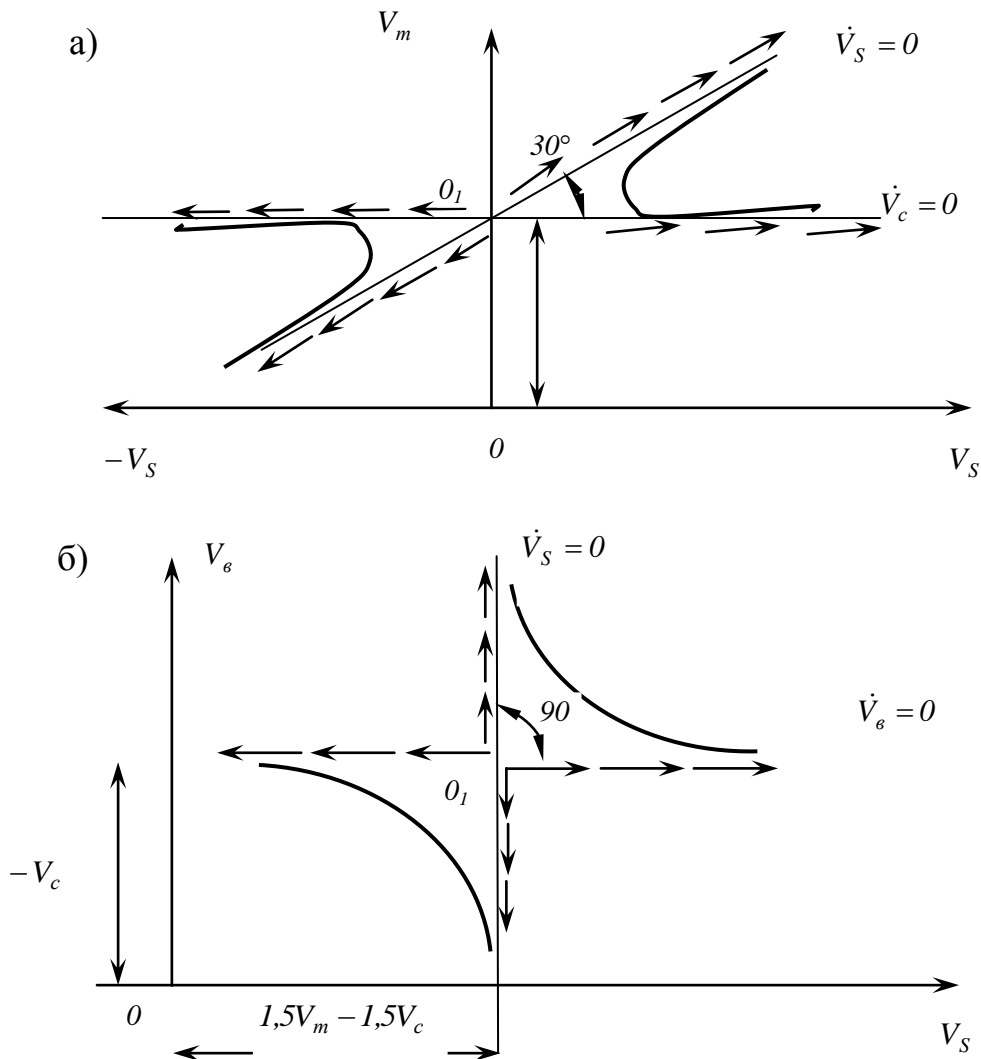


Рис. 3. Головні ізокліни й фазові траєкторії системи у замкнутому стані: а) «ВТМС – транспортний засіб»; б) «ВТМС – водій»

У стані динамічної рівноваги $V_e = V_m$ і $V_m = V_c$. Тому

$$\begin{aligned} \frac{dV_s}{dt} &= -V_s + 1,5V_m - 1,5V_c, \\ \frac{dV_e}{dt} &= -0,5V_e + 0,5V_c. \end{aligned} \tag{12}$$

Головні ізокліни системи «ВТМС – водій» визначаються рівняннями:

$$\begin{aligned} -V_s + 1,5V_m - 1,5V_c &= 0, \\ -0,5V_e + 0,5V_c &= 0. \end{aligned} \tag{13}$$

У першому рівнянні системи (13) коефіцієнт при V_e дорівнює нулю. Тому ізокліна $\dot{V}_s = 0$ паралельна осі V_e . У другому рівнянні системи (13) коефіцієнт

при V_S дорівнює нулю. Тому ізокліна $\dot{V}_e = 0$ паралельна осі V_S . Отже, ізокліни $\dot{V}_S = 0$ і $\dot{V}_e = 0$ перетинаються під кутом 90° .

Координати точки перехрещення головних ізоклін

$$V_S^* = 1,5V_m - 1,5V_c; \quad V_e^* = V_c.$$

Розділивши друге рівняння із системи (12) на перше, отримаємо диференціальне рівняння, в якому час t не міститься явно

$$\frac{dV_e}{dV_S} = \frac{-0,5V_e + 0,5V_c}{-V_S + 1,5V_m - 1,5V_c}. \quad (14)$$

Загальне вирішення цього диференціального рівняння

$$V_e V_S - 3V_e(V_m - V_c) + V_c V_S + 2f_3 = 0, \quad (15)$$

де f_3 – постійна інтегрування.

Отже, фазова траєкторія системи «ВТМС – водій» є гіперболою (рис. 3, б).

Висновки

Таким чином, встановлено зв'язок між швидкостями зміни координат стану компонентів системи «водій – транспортний засіб – транспортна мережа – середовище» (ВТМС), що знаходиться у замкнутому в організаційному відношенні стані, тобто стані функціонування.

Література

1. Прогнозирование расчетных характеристик для проектирования и эксплуатации автомобильных дорог / [М.А. Григоров, Э.В. Гаврилов, Т.М. Григорова, В.К. Доля]. – Херсон: Надднепряночка, 2006. – 192 с.
2. Гаврилов Е.В. Модель взаємодії компонентів системи «викладач – студент» у замкнутому стані / Е.В. Гаврилов, М.М. Гудзинський, А.М. Горбунова // Проблеми вищої школи. – 1994. – Вип. 80. – С. 16–24.
3. Гаврилов Э.В. Долгосрочное прогнозирование расчетных характеристик на автомобильном транспорте / Э.В. Гаврилов, Н.В. Ярещенко, И.В. Мусиенко // Вестник ХГАДТУ. – 2000. – Вып.12–13. – С. 23–30.
4. Гаврилов Э. В. Модель эволюции системы «человек – автомобиль – среда» / Э.В. Гаврилов, Н.В. Дацко // Вестник ХГАДТУ. – 1995. – Вып.1. – С. 27–30.

5. Холл А.Д. Определение понятия системы / А.Д. Холл, Р.Е. Фейджин // Исследования по общей теории систем / А.Д. Холл, Р.Е. Фейджин. – М., 1969. – С. 252–282.

6. Гутер Р.С. Дифференциальные уравнения / Р.С. Гутер, А.Р. Ямпольский. – М. : Высшая школа, 1976. – 304 с.

Аннотация

Определена связь между компонентами эргономичной системы «водитель – транспортное средство – транспортная сеть – среда» (ВТМС), влияющими на эволюцию этой системы, находящейся в замкнутом в организационном отношении состоянии.

Ключевые слова: компоненты эргономичной системы, замкнутое сословие, скорости изменения состояния.

Annotation

Communication between the components of an ergonomic system of «the driver – a vehicle – transport network – environment» (DVNE) which influence the evolution of the system in a closed organizationally condition.

Keywords: ergonomic components of the system, a closed class, the rate of change of state.