

УДК 629.1.032

## ВИРІШЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РУХУ ГУСЕНИЧНОЇ ПЛАТФОРМИ ЗА РІЗНИХ КЕРУЮЧИХ ВПЛИВІВ

**С.О. Волосніков, інж.,**

**Харківське конструкторське бюро з машинобудування ім. О.О. Морозова**

*Анотація.* Virішення математичної моделі руху гусеничної платформи у процесі здійснення повороту на різних передачах і за різних керуючих впливів дозволило отримати характерні траєкторії руху для різних дорожніх умов та органів керування типу «штурвал» та «важелі», які широко застосовуються на гусеничних платформах.

*Ключові слова:* занос гусеничної платформи, критична швидкість по заносу.

## РЕШЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ ГУСЕНИЧНОЙ ПЛАТФОРМЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

**С.А. Волосников, инж.,**

**Харьковское конструкторское бюро по машиностроению им. А.А. Морозова**

*Аннотация.* Решение математической модели движения гусеничной платформы в процессе осуществления поворота на разных передачах и при различных управляющих воздействиях позволило получить характерные траектории движения для различных дорожных условий и органов управления типа «штурвал» и «рычаги», которые широко применяются на гусеничных платформах.

*Ключевые слова:* занос гусеничной платформы, критическая скорость по заносу.

## SOLUTION OF MATHEMATICAL MODEL FOR TRACKED VEHICLE MOVEMENT UNDER DIFFERENT CONTROL ACTIONS

**S. Volosnikov, Eng.,**

**Kharkov Machine Building Design Bureau after A. Morozov**

*Abstract.* The paper presents a solution to the mathematical model of the caterpillar platform motion in the process of going into corner at various speed of movement. The presented model made it possible to obtain characteristic trajectories of a caterpillar platform in a turn for different road conditions and control actions. The «steering wheel» and «levers», which are most widely used in turn control systems, are considered as controls for the caterpillar platform.

*Key words:* tracked vehicle, skid tracked vehicle, critical speed for skidding conditions.

### Вступ

Сучасні об'єкти бронетанкової техніки (ОБТТ) з гусеничним рушієм є складними технічними системами з людиною-оператором в контурі керування та характеризуються чотирма основними властивостями: вогневою міццю, захищеністю, рухливістю та командною керованістю. Кожний компонент

людино-керованої системи типу ОБТТ являє собою складну технічну систему і тому означає відносно самостійний предмет дослідження. У наш час склалася ситуація, коли ступінь складності технічних систем ОБТТ, що забезпечують реалізацію необхідних показників і характеристик основних бойових властивостей, наблизився до такого рівня, що людині-оператору, в умовах максимально

обмеженої кількості часу, необхідно швидко, а головне – правильно та злагоджено приймати відповідні рішення, а також виконувати відповідні керуючі впливи. Математичне моделювання руху гусеничних платформ використовується для підвищення рухливості, а також якості ОБТТ в цілому. При цьому поведінка людини-оператора виходить за рамки цього дослідження і тому при математичному моделюванні не розглядається. У той же час досліджувати процеси, що розглядаються без керуючих впливів, недоцільно. У зв'язку з цим в моделях розглядаються керуючі впливи як положення або зміна положення в певному діапазоні органів керування. При цьому необхідно підкреслити, що причини того чи іншого положення органів керування або їх зміни не пов'язуються з людиною-оператором та її психофізичними властивостями і станом. Це припущення пов'язане з тим, що численні дослідження показали, що передавальна функція людини-оператора є різною не тільки для різних об'єктів керування, але і для різних видів вхідного сигналу [1, 2].

### Аналіз публікацій

Завданнями підвищення рухливості гусеничних платформ займалася велика кількість вчених, як вітчизняних так і зарубіжних, серед яких: А.А. Благонравов, Б.А. Абрамов, П.П. Ісаков, С.С. Александров, М.С. Bekker, J.Y. Wong та ін. Як правило, ці публікації пов'язані з дослідженням різних умов руху гусеничних платформ. При цьому робіт, присвячених забезпеченню найповнішого використання показників рухливості, які закладені в конструкцію гусеничної платформи, практично не знайдено. Моделі оптимального керування [3, 4] успішно застосовуються, однак вони призводять до виникнення важких у розв'язанні, з точки зору теорії моделювання, задач. При цьому підкреслимо, що власне модель оптимального керування – це засіб, інструмент свого роду для передбачення залежності вихідної величини від вхідних показників і при цьому не вимагає ніяких припущень про те, чи має людина-оператор власні правила оптимальності або що таке оптимальність. З іншого боку – можна наблизитися до оптимальності методом проб і помилок, але для класу техніки типу ОБТТ це потребуватиме значних ресурсів, а помилки можуть бути непоправними. Слід також підкреслити, що, незважаючи на розробку

SEP-систем у Швеції при створенні тактичної модульної платформи Splitterskyddad Enthetsplattform [5], методів вирішення задач визначення номенклатури операцій і функцій SEP-системи в доступних джерелах не виявлено. При цьому в публікаціях [6, 7] відзначається істотне підвищення рухливості танка M1A2 SEP, який є базою для створення перспективної бойової платформи наступного покоління.

### Мета і постановка завдання

У сучасних умовах ведення бойових дій завдання підвищення рухливості гусеничних платформ, за рахунок повного використання закладених у конструкцію характеристик, є актуальною для всіх типів ОБТТ. Перш за все, така задача повинна бути вирішена для найбільш часто використовуваного руху гусеничної платформи – повороту, на основі моделювання керуючих впливів і відповідного їм руху машини. Тому стосовно до ОБТТ доцільно шляхом математичного моделювання визначити найкращий вплив на органи керування, для подальшого навчання людини-оператора саме таким керуючим впливом, або, якщо це виходить за межі її можливостей, – передати цю функцію керуючій системі типу SEP (Systems Enhancement Package) – системі підвищення якості платформи. Саме такий підхід дозволить забезпечити підвищення характеристик рухливості гусеничної платформи і ОБТТ в цілому.

Метою статті є вирішення математичної моделі руху гусеничної платформи з урахуванням керуючих впливів для отримання характерних траєкторій руху при повороті для різних дорожньо-грунтових умов та керуючих впливів.

### Дослідження математичної моделі руху гусеничної платформи

Модель руху гусеничної платформи типу ОБТТ у своїй основі має нормативний метод розрахунку динамічних процесів у моторно-трансмісійній установці в перехідних режимах роботи [8]. Такий підхід дозволяє не проводити тестування моделі та перевірку її адекватності та достовірності. З іншого боку, застосування моделі, що має нормативні розрахункові методи, забезпечує єдність методологічного підходу до розв'язання класу задач, а саме – задач руху гусеничної плат-

форми, з урахуванням впливу на цей процес різних факторів. Модель використовується для опису прямолінійного руху і повороту ОБТТ типу танк, тобто передбачає гусеничну платформу. У ході моделювання визначаються прискорення, що змінюються в часі під час руху ОБТТ, траєкторія його руху, а також частота обертання двигуна й елементів трансмісії для оцінки показників перехідних процесів. Основними припущеннями моделі є: керуючим впливом при управлінні трансмісією є робочий тиск у системі гідрокерування, що стискає пакети дисків; керуючим впливом для двигуна є положення приводу подачі палива; місцевість, якою рухається гусенична платформа, – плоскість із заданими характеристиками ґрунту; дія людини-оператора відтворюється заданням відповідних керуючих впливів як функцій часу. Розрахункову схему руху гусеничної платформи на місцевості подано на рис. 1.

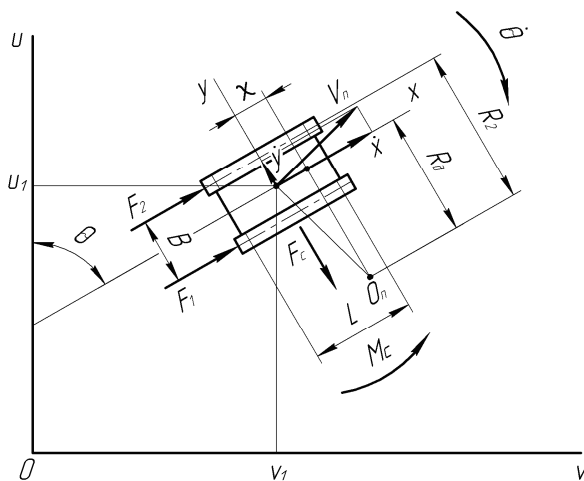


Рис. 1. Система координат і схема сил, що діють на гусеничну платформу

Нерухома система координат  $(u, v)$  використовується для визначення траєкторії руху гусеничної платформи. Як незалежні координати взято  $x, y, \Theta$ . Тоді:  $x$  – переміщення гусеничної платформи в поздовжньому напрямку, м;  $y$  – переміщення гусеничної платформи в поперечному напрямку, м;  $\Theta$  – курсовий кут, рад (значення курсового кута  $\Theta$  відраховується від осі  $u$  за годинниковою стрілкою);  $\dot{x}$  – поточна швидкість руху гусеничної платформи в поздовжньому напрямку, м/с;  $\dot{y}$  – поточна швидкість руху гусеничної платформи в поперечному напрямку (за позитивний напрямок взято рух вліво), м/с;  $V_n$  – швидкість руху гусеничної платформи, м/с;  $R_2$  – радіус повороту по осі гусениці, що

забігає, м;  $\dot{\Theta}$  – кутова швидкість повороту платформи (за позитивний напрямок взято поворот за годинниковою стрілкою), рад/с.

Координати гусеничної платформи в нерухомій системі координат визначаються рівняннями:

$$\begin{cases} \dot{u} = \dot{x} \cdot \cos \theta + \dot{y} \cdot \sin \theta \\ \dot{v} = \dot{x} \cdot \sin \theta - \dot{y} \cdot \cos \theta. \end{cases} \quad (1)$$

Рівняння (1) розв'язується спільно з диференціальними рівняннями руху мас основної системи моторно-трансмісійної установки методом чисельного інтегрування. Диференціальні рівняння руху гусеничної платформи на місцевості мають такий вигляд [8]

$$\begin{cases} \ddot{x} = \frac{1}{m_n} (F_1 + F_2) - y \ddot{\theta} - g(f_{cd} + f_{xb}) \text{sign} \dot{x} \\ \ddot{y} = x \ddot{\theta} - \frac{F_c}{m_n} \\ \ddot{\theta} = \frac{1}{I_m} \left[ (F_2 - F_1) \frac{B}{2} - M_c \right], \end{cases} \quad (2)$$

де  $g=9,81$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $F_1$  та  $F_2$  – сили тяги на гусениці, що відстає, та гусениці, що забігає, відповідно, Н;  $m_n$  – маса гусеничної платформи, кг;  $f_{cd}$  – сумарний від ґрунту та ходової частини коефіцієнт опору руху;  $f_{xb}$  – коефіцієнт холостих втрат у гусеничному рушії;  $F_c$  – сумарна сила опору бічному зсуву гусеничної платформи, Н;  $I_m$  – момент інерції гусеничної платформи в повороті навколо центру мас, кг·м<sup>2</sup>;  $B$  – ширина колії, м;  $M_c$  – сумарний момент опору повороту гусеничної платформи, Н·м.

Сили тяги гусениці, що відстає,  $F_1$  та гусениці, що забігає,  $F_2$  залежать від величини пробуксовки гусениць. Коефіцієнт холостих втрат у гусеничному рушії задається у вигляді лінійної функції від швидкості руху гусеничної платформи

$$f_{xb} = f_{xbo} + a_{xb} \cdot |V_n|, \quad (3)$$

де  $f_{xbo}$ ,  $a_{xb}$  – коефіцієнти холостих втрат в гусеничному рушії. Сила  $F_c$  та момент  $M_c$  залежать від розподілу поперечних сил і визначаються співвідношеннями

$$F_c = \mu_c \left[ m_n \cdot g \cdot \chi + \frac{3H}{L} F_x (1 - \chi^2) \right] \cdot \text{sign } \dot{\theta}; \quad (4)$$

$$M_c = \mu_c \left[ \frac{m_n \cdot g \cdot L}{4} (1 - \chi^2) + F_x \cdot H \cdot \chi^3 \right] \cdot \text{sign } \dot{\theta} + F_c \cdot H \cdot (f_{cd} + f_{xb}) \cdot \text{sign } \dot{x}, \quad (5)$$

де  $L$  – довжина опорної поверхні гусениць, м;  $H$  – висота центру ваги платформи над опорною поверхнею гусениць, м;  $\mu_c$  – поточне значення коефіцієнта опору повороту;  $\chi$  – відносна величина зміщення центру повороту в поздовжньому напрямку, м;  $F_x$  – сумарна горизонтальна сила, що діє в поздовжньому напрямку, Н.

$$F_x = F_1 + F_2 - m_n \cdot g \cdot (f_{cd} + f_{xb}) \cdot \text{sign } \dot{x}, \quad (6)$$

$$\chi = \frac{2y}{L\dot{\theta}}. \quad (7)$$

У випадку, коли величина  $\chi$  зміщення центру повороту гусеничної платформи перевищує половину довжини опорної поверхні, величина відносного зсуву центру повороту змінюється в наступних межах:  $-1 \leq \chi \leq 1$ . Коефіцієнт опору повороту залежить від радіуса повороту і визначається експериментально.

$$\mu_c = \begin{cases} \frac{\mu_{\max}}{0,905 + 0,19 \frac{R_d}{L}} \text{ при } \frac{R_d}{L} \leq 2,8 \\ \frac{\mu_{\max}}{0,965 + 0,07 \frac{R_d}{L}} \text{ при } \frac{R_d}{L} > 2,8, \end{cases} \quad (8)$$

де  $\mu_{\max}$  – максимальне значення коефіцієнта опору повороту, яке визначається характеристикою ґрунту;  $R_d$  – дійсний радіус повороту.

$$R_d = \frac{x}{\dot{\theta}}. \quad (9)$$

Математична модель руху гусеничної платформи типу ОБТТ, що описана системою рівнянь для координат (1), та диференціальні рівняння руху гусеничної платформи на місцевості (2) вирішувалися відповідно до нормативного методу розрахунку динамічних процесів у моторно-трансмісійній установці в перехідних режимах роботи [8]. Розв'язання здійснювалося чисельно, в результаті

чого, для заданих умов руху та дорожніх умов було отримано координати положення гусеничної платформи в нерухомій системі координат для відповідних моментів часу. Після цього в середовищі електронних таблиць EXEL будувалася траєкторія руху гусеничної платформи. При цьому використовувалися дані технічних характеристик танка Т-64А. Під час проведення чисельних експериментів швидкості руху гусеничної платформи обиралися відповідно до діапазону швидкостей руху на відповідних передачах.

На рис. 2 та 3 наведено результати моделювання руху при повороті гусеничної платформи типу Т-64А на третій та п'ятій передачах, на відповідних їм швидкостях входження в поворот, для ґрунтів із коефіцієнтом зчеплення 0,8 і 0,2 та для органів керування поворотом типу «важелі» та «штурвал».

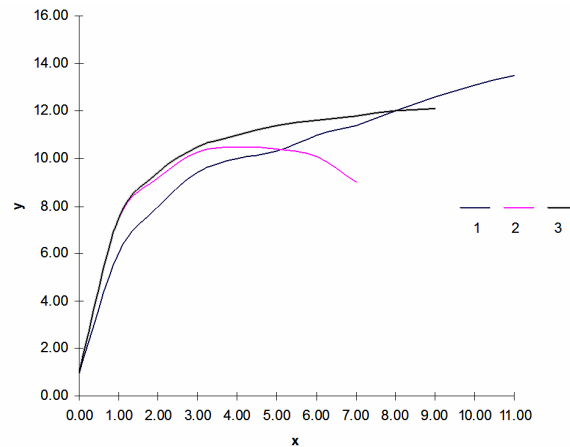


Рис. 2. Траєкторії руху гусеничної платформи на третій передачі, швидкість  $V_c = 15,59 \text{ км/год} = 4,33 \text{ м/с}$

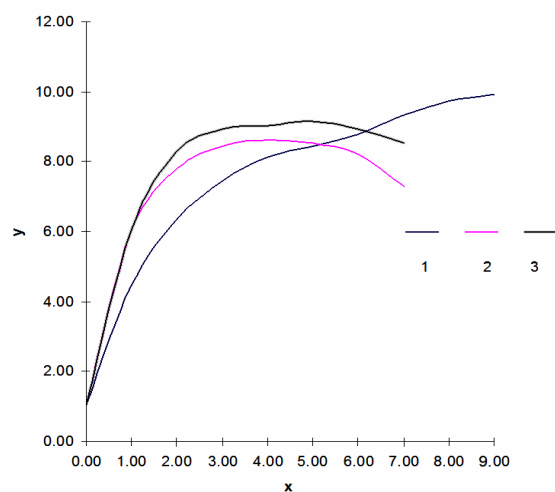


Рис. 3. Траєкторії руху гусеничної платформи на п'ятій передачі, швидкість  $V_c = 25,7 \text{ км/год} = 7,14 \text{ м/с}$

Криві на рис. 2 та 3: 1 – «штурвал» або «важелі» (коефіцієнт зчеплення із ґрунтом 0,8); 2 – «штурвал» (коефіцієнт зчеплення із ґрунтом 0,2); 3 – «важелі» (коефіцієнт зчеплення із ґрунтом 0,2); після початку заносу вмикається «важіль» борту, що забігає.

Як видно, для нормальних дорожніх умов типу суха ґрунтова дорога (коефіцієнт зчеплення із ґрунтом 0,8) поворот гусеничної платформи здійснюється за траєкторією з фіксованим радіусом повороту, що відповідає передачі, на якій здійснюється поворот (криві 1 на рис. 2 та 3). За погіршення дорожніх умов, типу обмерзле шосе (коефіцієнт зчеплення із ґрунтом 0,2), радіус повороту практично відразу починає збільшуватися (траєкторії 2 та 3 на рис. 2 та 3). Це пов'язано з тим, що сили зчеплення із ґрунтом в цьому випадку менше і відцентрова сила відразу починає їх перевищувати. При цьому на п'ятій передачі збільшення радіуса більше, ніж на третій. Це відбувається тому, що швидкість руху при входженні в поворот на п'ятій передачі майже в 2 рази більше, ніж на третій. Таким чином, сила зчеплення із ґрунтом залишилася колишньою, а відцентрова сила зросла паралельно зі збільшенням швидкості. Відзначимо також, що при цьому спостерігається і розворот гусеничної платформи навколо власної осі (траєкторії 2, рис. 2 та 3). Нерівномірне розташування окремих мас призводить до утворення миттєвого нового центру повороту, навколо якого рухається не тільки центр мас машини, але й окремі маси, що викликає появу розгортального моменту.

При моделюванні було розглянуто два види органів керування поворотом – «штурвал» та «важелі». Їх основною відмінністю стосовно гусеничної машини є те, що при керуванні «штурвалом» реалізується випадок, коли загальмовується тільки борт, що відстає. У процесі повороту в цьому випадку вже не видається можливим впливати на борт, що забігає. Фактично цей варіант можна звести до повороту з використанням лише одного «важеля». На рис. 2 та 3 показано траєкторії повороту із заносом, коли після початку заносу здійснюється гальмування «важелем» борту, що забігає (траєкторії 3 на рис. 2 та 3). Як видно з наведених даних, на третій передачі гальмування борту, що забігає, приводить до поліпшення ситуації, коли гусенична платформа починає рухатися майже прямо-

лінійно на другій передачі. При цьому швидкість падає і гусенична платформа йде за новою траєкторією. В цьому випадку, шляхом гальмування «двигуном», вдається не допустити заносу та розвороту машини. На п'ятій передачі (траєкторія 3, рис. 3) загальмовування «важелем» борту, що забігає, не дає такого ефекту, як на третій передачі. Через порівняно високі швидкості відцентрова сила є великою, і хоча обидві гусеничні стрічки рухаються на четвертій передачі, це гальмування не справляє принципового впливу, занос триває, гусеничну платформу при цьому розгортає навколо власної осі. Як видно з графіка на рис. 3, траєкторії 3 та 2 за формою повторюють одна одну, але радіус траєкторії 3 дещо більше. Відзначимо також, що процеси, які розглядаються, є нестационарними. Так, час повороту на  $90^\circ$  на третій передачі (траєкторія 1, рис. 2) становить близько 3 секунд, процеси 2 та 3 – близько 2 секунд, а процеси 2 та 3 (рис. 3) – менше 2 секунд.

У зв'язку з цим видається важливим аналіз органів керування поворотом, а також виявлення деякого критерію заносу, оскільки не кожна людина-оператор своєчасно помічає початок заносу, і чим пізніше вона його виявить, тим менше часу в неї залишається для того, щоб зреагувати на нього. Реагування здійснюється за допомогою органів керування. Як було виявлено в ході аналізу результатів модельних задач, «важелі» як орган керування поворотом на понижених передачах (I, II і III) дозволяють якоюсь мірою «виправити» траєкторію шляхом переходу на ступінь нижче передачі борту, що забігає. «Штурвал» не дозволяє цього зробити. Єдине, що є можливим, – це повернути «штурвал» у початковий стан, однак гальмування при цьому не відбудеться, особливо на ґрунтах із малим коефіцієнтом зчеплення, такий вплив не призведе до помітної зміни траєкторії. Повне перекидання «штурвала» у протилежний бік може різко розгорнути гусеничну платформу; при цьому визначити траєкторію досить складно, оскільки різні маси системи мають різну інерцію й моменти, як відносно центру мас, так і відносно миттєвого центру повороту. Таким чином, можна зробити висновок, що за існуючої кінематичної схеми трансмісії платформи типу Т-64А механізм повороту з органом керування типу «штурвал», з точки зору забезпечення руху при повороті на максимальних швидкостях для передач із чет-вертої і вище, є менш при-

вабливим, ніж механізм з органом керування типу «важелі».

Слід підкреслити, що аналогічні проблеми, які пов'язані з курсовою стійкістю, виникають і у платформ із колісним рушієм [9, 10]. Вирішення цих проблем пов'язане зі встановленням додаткових автоматизованих систем, що істотно ускладнюють конструкцію і не можуть врахувати всіх можливих варіантів дорожніх умов та інших факторів. Також аналогічний підхід застосовується і для гусеничних платформ [11], однак при цьому ускладнюється конструкція виробу, збільшуються експлуатаційні витрати і зростає вартість виробу у цілому. Крім цього, обмеження режимів руху можуть виявитися неприйнятними в бойових умовах, коли потрібно зробити швидкий маневр на коротку дистанцію в укриття, або з нього – так званий «скачок». Тому рішення слід шукати, перш за все, у зміні кінематичної схеми трансмісії.

### Висновки

Вирішення математичної моделі руху гусеничної платформи типу танк Т-64А, з урахуванням керуючих впливів, дозволило отримати характерні траєкторії руху при повороті для різних дорожніх умов і керуючих впливів.

Встановлено, що за існуючої кінематичної схеми трансмісії, механізм повороту з органом керування типу «штурвал» є менш привабливим, ніж механізм повороту з органами керування типу «важелі», з точки зору утримання гусеничної платформи на траєкторії при заносі та повороті платформи навколо власного центру мас.

Побудовані траєкторії для максимальних швидкостей відповідних передач визначають прийнятні режими руху гусеничної платформи для заданих дорожніх умов при створенні SEP-системи.

### Література

1. Павлов В.В. Моделирование операторской деятельности человека / В.В. Павлов, А.М. Мелешев, Д.И. Палейчук. – К.: Знание, 1981. – 20 с.
2. Павлов В.В. Проблемы теории и практики человеко-машинных систем / В.В. Павлов // Кибернетика. – 1982. – № 5. – С. 74–79.

3. Deutsch M. Trust and suspicion / M. Deutsch // Journal of Conflict Resolution. – 1958. – Vol. 2. – P. 265–279.
4. Smallwood R.D. Internal models and the human instrument monitor / R.D. Smallwood // I.E.E.E. Trans, human Factors in Electron., HFE-8. – 1967. – pp. 181–187.
5. Тактическая модульная платформа SEP. – Режим доступа <http://btvt.narod.ru/4/sep/sep.htm>.
6. США продолжают модернизировать свою бронетехнику // Army Guide. – 2007. – №10 (37). – С. 1–2.
7. Армия США продолжает модернизацию танков Abrams до версии M1A2 SEP V2. – Режим доступа <http://ukrday.com/novosti.php?id=146165>.
8. Метод расчета динамических процессов в МТУ в переходных режимах работы: ОСТ В3-5971-85. Введ. 01.01.85. – М.: 1985. – 12 с.
9. Слюсаренко Ю.А. Синтез цифровой автоматизированной электрогидравлической системы курсовой устойчивости автомобиля категории N3 / Ю.А. Слюсаренко // Интегровані технології та енергозбереження. – 2014. – № 3. – С. 75–83.
10. Стримовский С.В. Анализ трансмиссий современных легкобронированных колесных военных машин и их влияние на параметры подвижности / С.В. Стримовский, Ю.А. Слюсаренко, В.М. Соловьев // Интегровані технології та енергозбереження. – 2014. – № 3. – С. 97–107.
11. Слюсаренко Ю.А. Вариационный метод решения задачи поиска оптимальных параметров закона управления в процессе синтеза системы автоматизированного управления / Ю.А. Слюсаренко // 36. наукових праць Академії ВВ МВС України. – 2011. – № 1(17). – С. 54–61.

### References

1. Pavlov V.V., Meleshev A.M., Paleychuk D.I. *Modelirovanie operatorskoy deyatel'nosti cheloveka* [Modeling of human operator activity]. Kyiv, Znanie Publ., 1981. 20 p.
2. Pavlov V.V. *Problemyi teorii i praktiki cheloveko-mashinnyih system* [Problems of theory and practice of human machine systems]. Kibernetika, 1982. vol. 5. pp. 74–79.
3. Deutsch M. Trust and suspicion. Journal of Conflict Resolution, 1958, 2, pp. 265–279.
4. Smallwood R.D. Internal models and the human instrument monitor. I.E.E.E. Trans, human Factors in Electron., HFE-8, 1967. pp. 181–187.

5. *Takticheskaya modulnaya platforma SEP*. [Tactical modular platform SEP]. Available at: <http://btvt.narod.ru/4/sep/sep.htm>.
6. *SShA prodolzhayut modernizirovat svoyu bronetehniku*. [The US continues to modernize its armored vehicles]. Army Guide. 2007. vol. 10 (37). pp. 1–2.
7. *Armiya SShA prodolzhaet modernizatsiyu tankov Abrams do versii M1A2 SEP V2* [The US Army continues to upgrade the Abrams tanks to version M1A2 SEP V2]. Available at: <http://ukrday.com/novosti.php?id=146165>.
8. *OST V3-5971-85. Metod rascheta dinamicheskikh protsessov v MTU v perehodnykh rezhimakh raboty* [OST V3-5971-85. The method of calculating dynamic processes in MTU in transient operation modes], Moscow. 1985. 12 p.
9. Slyusarenko Yu.A. *Sintez tsifrovoy avtomatizirovannoy elektrogidravlicheskoj sistemy kursovoy ustoychivosti avtomobilya kategorii N3* [Synthesis of the digital automatic electrohydraulic system of road safety of the car of category N3]. *Integrovani tehnologii ta energoberezhennya* [Integrated technologies and energy efficiency]. 2014. vol. 3. pp. 75–83.
10. Strimovskiy S.V., Slyusarenko Yu.A., Solovov V.M. *Analiz transmissiy sovremennykh legkobronirovannykh kolesnykh voennykh mashin i ih vliyanie na parametry podvizhnosti* [Analysis of the transmissions of modern lightly armored wheeled military vehicles and their effect on the parameters of mobility]. *Integrovani tehnologii ta energoberezhennya* [Integrated technologies and energy efficiency]. 2014. vol. 3. pp. 97–107.
11. Slyusarenko Yu.A. *Variatsionnyy metod resheniya zadachi poiska optimalnykh parametrov zakona upravleniya v protsesse sinteza sistemy avtomatizirovannogo upravleniya* [Variational method for solving the problem of searching for optimal parameters of the control law in the process of synthesis of an automated control system]. *Zb. Nauk. prats Akademiyi VV MVS UkraYini* [Proceedings of the Academy of Internal troops of the Ministry of Internal Affairs Ukraine]. 2011. vol. 1(17). pp. 54–61.

Рецензент: И.Г. Шепеленко, доцент, к.т.н., ХНАДУ.

---