

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ДЕРЖАВНОЇ ПРИКОРДОННОЇ  
СЛУЖБИ УКРАЇНИ ІМЕНІ БОГДАНА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО

ПІДПОЛКОВНИК

П'ЯТКОВ МАКСИМ СЕРГІЙОВИЧ

**ТЕМА:** МЕТОДИКА ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ  
РУХЛИВОСТІ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ  
УСКЛАДНЕННЯ ОБСТАНОВКИ

Хмельницький – 2022

## ВСТАНОВЛЕНА НЕВІДПОВІДНІСТЬ

ПОТРЕБИ ПІДРОЗДІЛІВ ПРИ ДІЯХ В УМОВАХ УСКЛАДНЕННЯ ОБСТАНОВКИ, а саме необхідність здійснення прогнозу часових показників маневру силами та засобами при виникненні (ускладненні) обстановки, здійснення маршу до ПУ, тощо

- Застарілі методики визначення показників рухливості, що дають приблизні результати, без врахування природо-кліматичних, дорожньо-грунтових умов



ВИМОГИ (ПКМУ №687р)СТРАТЕГІЇ інтегрованого управління кордонами на період до 2025 року; УКАЗУ ПРЕЗИДЕНТА УКРАЇНИ №92/2016 КОНЦЕПЦІЇ розвитку сектору безпеки і оборони України; ІНСТРУКЦІЇ з автомобільного та бронетанкового забезпечення в Державній прикордонній службі України, затверджена Наказом Міністерства внутрішніх справ України 09 липня 2018 року № 577 щодо:

- необхідності удосконалення існуючого науково-методичного апарату оцінки рухливості АБТ

### ВИМАГАЄ

Проведення оцінки та прогнозування рухливості автобронетанкової техніки як в контрольованих прикордонних районах так і в тилу ділянок відповідальності

### ПОТРЕБУЄ

Використання методик оперативно-тактичних розрахунків маршу та оцінки тягово-швидкісних властивостей автобронетанкової техніки

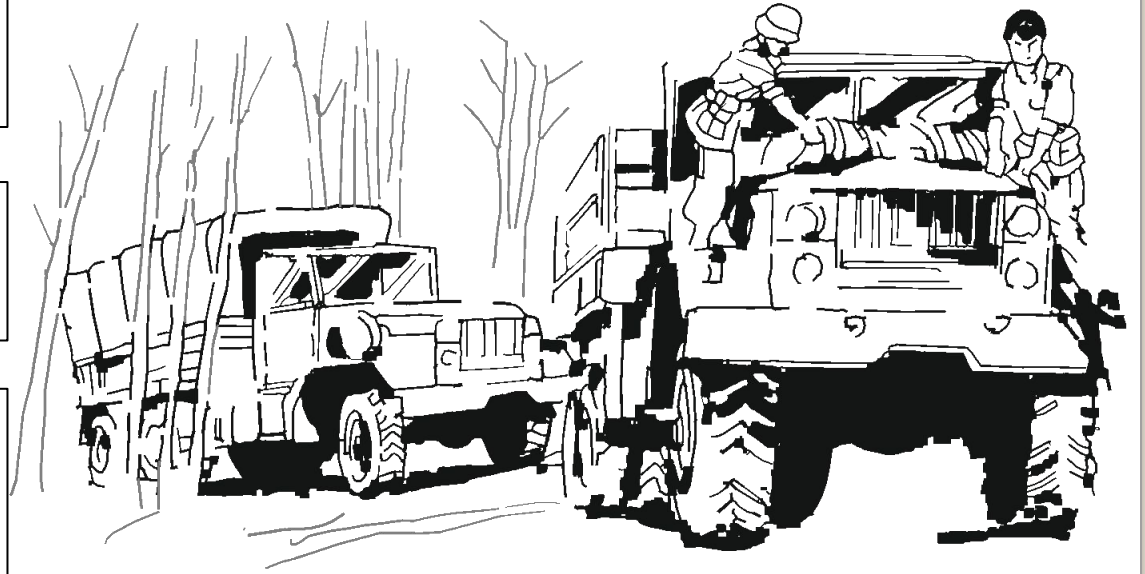
# АКТУАЛЬНІСТЬ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

3

**НЕОБХІДНІСТЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИСОКОЇ  
РУХЛИВОСТІ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ ПІД  
ЧАС МАРШУ (МАНЕВРУ) ПІДРОЗДІЛАМИ**

**НЕОБХІДНІСТЮ ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ  
ШВИДКОСТЕЙ ПРИ ПЕРЕСУВАННІ ПІДРОЗДІЛІВ  
ШВИДКОГО РЕАГУВАННЯ (РЕЗЕРВІВ)**

**НЕОБХІДНІСТЮ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ  
РОЗРАХУНКІВ ДЛЯ ОЦІНКИ  
РУХЛИВОСТІ АБТТ**



# МЕТОДИКА ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РУХЛИВОСТІ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ ДЕРЖАВНОЇ ПРИКОРДОННОЇ СЛУЖБИ УКРАЇНИ

**МЕТА:** підвищення ефективності оцінки та прогнозування окремих показників рухливості автобронетанкової техніки Державної прикордонної служби України при здійсненні маневру в умовах ускладнення обстановки на державному кордоні

**ОБ'ЄКТ:** процес забезпечення рухливості автобронетанкової техніки при здійсненні маневру в умовах ускладнення обстановки

**ПРЕДМЕТ:** оцінка та прогнозування окремих показників рухливості автобронетанкової техніки при здійсненні маневру в умовах ускладнення обстановки

Наукове завдання дослідження

Розробка показників та методики оцінки та прогнозування середньотехнічної швидкості АБТТ при здійсненні маневру в умовах ускладнення обстановки

# ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ:

5

1) Проаналізувати існуючі протиріччя у оцінці рухливості автобронетанкової техніки, сформувані основні параметри і фактори значущі для оцінки рухливості автобронетанкової техніки при здійсненні маневру в умовах ускладнення обстановки

2) Розробити комплексний питомий показник рухливості для отримання встановленої залежності між середньою швидкістю та питомою потужністю машин на основі аналізу визначення швидкохідності (швидкості) прийнятої для визначення в теорії машин

3) Удосконалити методику оцінки та прогнозування середньо-технічної швидкості автобронетанкової техніки на основі існуючого детермініського методу та ймовірнісного підходу щодо визначення випадкових величин (опору руху та відповідних змін тягово-швидкісних характеристик АБТТ) під час руху

4) Розробити методику оцінки та прогнозування паливної економічності автобронетанкової техніки на основі існуючого детермініського методу та ймовірнісного підходу щодо визначення випадкових величин (опору руху та відповідних змін тягово-швидкісних характеристик АБТТ) під час руху

5) Провести верифікацію розробленого науково-методичного апарату та обґрунтування рекомендацій щодо можливості використання підрозділами Державної прикордонної служби України ймовірнісної методики оцінки рухливості за показниками швидкохідності (середньої технічної швидкості) та паливної економічності транспортних засобів.

## НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ:

**1.УДОСКОНАЛЕНО МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СЕРЕДНЬОЇ ШВИДКОСТІ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ НА ПЕРЕДАЧІ .**

**2.УДОСКОНАЛЕНО МЕТОДИКУ ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СЕРЕДНЬОЇ ШВИДКОСТІ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ НА МАРШРУТІ.**

# ПОНЯТТЯ РУХЛИВОСТІ АБТТ



Рисунок 1– Рухливість АБТТ та її властивості

# ПЕРШИЙ НАУКОВИЙ РЕЗУЛЬТАТ

8

Удосконалена модель визначення середньої швидкості руху на передачі автобронетанкової техніки ДПСУ в умовах ускладнення обстановки

## СУТНІСТЬ НОВИЗНИ

Визначення середньої швидкості на передачі з урахуванням ймовірнісних змін набору швидкості водієм на передачі в умовах ускладнення обстановки. Модель відрізняється врахуванням закону розподілу змін швидкості на передачах АБТТ через коефіцієнт фактору набору швидкості водієм. При цьому на низьких передачах прийнято рівномірно зростаючий закон розподілу зміни швидкості, на середніх рівномірний, а на високих передачах нормальний закон розподілу зміни швидкості відповідно.

## ДОЗВОЛИЛО

Визначити ймовірнісним методом середню швидкість, що досягається АБТТ на передачі для доріг з чисельними пошкодженнями від розривів боєприпасів на основі врахування фактору набору швидкості водієм в умовах ускладнення обстановки.



# ПЕРШИЙ НАУКОВИЙ РЕЗУЛЬТАТ

## ОБМЕЖЕННЯ ПРИЙНЯТІ В ДОСЛІДЖЕННІ

1. Рух передбачається неперервним, без зупинок, прямолінійним, стійким проти перекидання, з урахуванням того, що існуючі зразки АБТТ мають низький центр мас і велику ширину колії, стійкість проти заносу у існуючих зразків АБТТ порівняно низька, проте робиться максимальна маршова швидкість, при якій відцентрові сили в порівнянні з силами зчеплення малі.
2. Ділянка вибрана таким чином, що її можливо подолати на одній передачі, тобто опір руху такий, що його можливо подолати на даній передачі, лише знизивши швидкість
3. Повороти не викликають необхідності переходу на нижчу передачу і долаються також лише зниженням швидкості в межах можливостей даної передачі.
4. Враховуються вплив конструкції трансмісії, зокрема: числа передач і закону розподілу передач: ККД трансмісії і ходової частини; пристосовність двигуна до навантажень, так як дизельний і бензиновий двигун по різному пристосовуються до навантажень і, відповідно, до зміни опору руху.
5. Замість загального врахування сил тяги і сил опору враховуються їх питомі значення: динамічний фактор  $D = \frac{P_T}{G}$  та коефіцієнт опору руху  $\Psi = \frac{P_\psi}{G}$ .
6. Середня швидкість руху пропорційна величині питомої потужності.
7. Швидкості приймаються середніми на ділянках відповідно до щільності ймовірності, як математичне очікування появи цих значень.

# ПЕРШИЙ НАУКОВИЙ РЕЗУЛЬТАТ

10

іючий вираз для визначення максимальної швидкості руху АБТТ на передачі

$$V_i = \frac{N_e \eta_{\text{тр}}}{D_i m_{\text{абтт}} g} \quad (1)$$

де,  $V_i$  – максимальна швидкість руху АБТТ на передачі за діючою методикою, м/с;

$N_e$  – максимальна потужність двигуна, Вт;

$\eta_{\text{тр}}$  – ККД трансмісії;

$D_i$  – питома сила тяги (динамічний фактор) на  $i$ -й передачі при  $n_{eN}$ ;

$m_{\text{абтт}}$  – маса зразка АБТТ, кг;

$\psi$  – коефіцієнт дорожнього опору руху;

$N_{\text{епит}} = \frac{N_e}{m}$  – питома потужність, Вт/кг;

$i$  – номер передачі

# ПЕРШИЙ НАУКОВИЙ РЕЗУЛЬТАТ

## ГІПОТЕЗА ЩОДО ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ЛОГІКОЮ ВИБОРУ ШВИДКОСТІ, ПЕРЕМИКАННЯ ВОДІЄМ ПЕРЕДАЧ ТА ВИПАДКОВОЮ ЗМІНОЮ СИЛ ОПОРУ НА МАРШРУТІ

Динамічний фактор залежить від умов руху (від сил опору дороги)

$$D_{i+1} \leq \psi_i < D_i \quad (2)$$

де,  $\psi_i$  – коефіцієнт дорожнього опору руху на передачі

$$V_i = \frac{N_\psi}{\psi_i G} \quad (3)$$

$$S_i = N_\psi = P_\psi V = \psi_i G V_i \quad (4)$$

$$V_i = \frac{1}{\psi_i} \quad (5)$$

При управлінні зразком АБТТ водій буде прагнути свідомо чи несвідомо слідувати закону розподілу опору та сприймати ступінь завантаженості двигуна за характерними ознаками, вибираючи **величини швидкості обернено пропорційні силі опору руху  $P_\psi$**

# ПЕРШИЙ НАУКОВИЙ РЕЗУЛЬТАТ

## ГІПОТЕЗА ЩОДО ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ЛОГІКОЮ ВИБОРУ ШВИДКОСТІ, ПЕРЕМИКАННЯ ВОДІЄМ ПЕРЕДАЧ ТА ВИПАДКОВОЮ ЗМІНОЮ СИЛ ОПОРУ НА МАРШРУТІ

А рухливість пропонується оцінювати по ймовірності руху на заданому відрізку шляху  $S_i$  з заданими швидкостями :

$$S_i = S * P(D_{i+1} \leq \psi_i < D_i) \quad (6)$$

де,  $P(D_{i+1} \leq \psi_i < D_i)$  – ймовірність попадання величини дорожнього опору  $\psi_i$  в межах можливостей передачі швидкостей

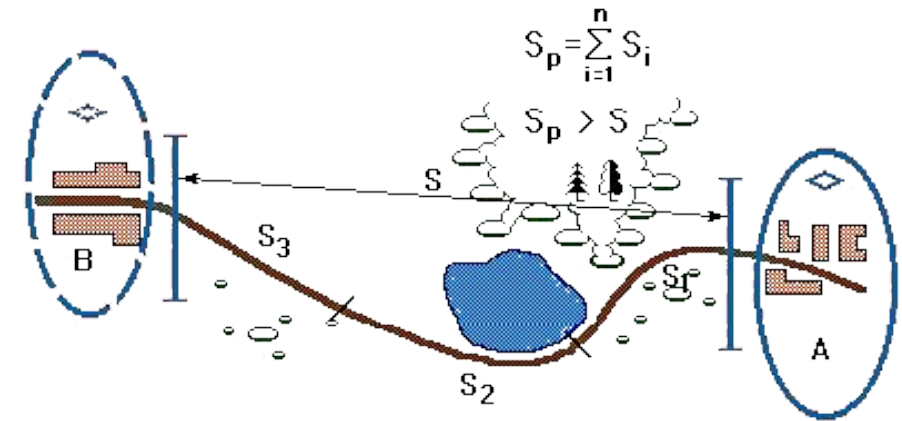


Рисунок 2 – Визначення шляху руху на маршруті

Проте знання  $S_i$  ще не дозволяє визначити швидкість АБТТ, основний критерій рухливості:

# ПЕРШИЙ НАУКОВИЙ РЕЗУЛЬТАТ

## ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОСНОГО ШЛЯХУ РУХУ НА ПЕРЕДАЧІ

$$k_i = P(D_{i+1} \leq \psi_i < D_i) = \int_{i+1}^i f_i(\psi) d\psi \quad (7)$$

$$S_i = S^* k_i \quad (8)$$

При нормальному законі розподілу дорожнього опору:

$$f(\psi) = \frac{1}{\sigma_\psi \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\psi - M_\psi)^2}{2\sigma_\psi^2}} \quad (9)$$

Відносний шлях руху:

$$k_i = \frac{S_i}{S} = \int_{i-1}^i f(\psi) d\psi = \Phi \left[ \frac{D_i - M_\psi}{\sigma_\psi} \right] - \Phi \left[ \frac{D_{i-1} - M_\psi}{\sigma_\psi} \right] \quad (10)$$

Де,  
 $\Phi$  – функція Лапласа, табличне значення  
 $M_\psi$  – математичне очікування значення опору на ділянці  
 $\sigma_\psi$  – середнє квадратичне відхилення значення опору на ділянці

# ПЕРШИЙ НАУКОВИЙ РЕЗУЛЬТАТ

## ГІПОТЕЗА ЩОДО ІСНУВАННЯ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ЛОГІКОЮ ВИБОРУ ШВИДКОСТІ, ПЕРЕМИКАННЯ ВОДІЄМ ПЕРЕДАЧ ТА ЗМІНОЮ СИЛ ОПОРУ НА МАРШРУТІ

На ділянці  $S_i$  величина швидкості може набувати будь-якого значення в межах визначених максимальних швидкостей на передачі  $V_{i+1}$ ,  $V_i$ , в залежності від опору і кожне окреме значення швидкості представляється випадковою величиною:

$$\psi_i \leq \psi_B \leq \psi_{i+1} \quad (11)$$

$$V_i \leq V_c \leq V_{i+1} \quad (12)$$

де,  $\psi_B$  – середнє значення коефіцієнту дорожнього опору руху  
 $\psi_i$  – максимальнє значення коефіцієнту дорожнього опору руху для передачі за тягово-динамічною характеристикою  
 $\psi_{i+1}$  – максимальнє значення коефіцієнту дорожнього опору руху для наступної передачі за тягово-динамічною характеристикою

де,  $V_c$  – середнє значення швидкості, що досягається на передачі водієм  
 $V_i$  – максимальнє значення швидкості на передачі за тягово-динамічною характеристикою  
 $V_{i+1}$  – максимальнє значення швидкості на наступній передачі за тягово-динамічною характеристикою

# ПЕРШИЙ НАУКОВИЙ РЕЗУЛЬТАТ

## ГІПОТЕЗА ЩОДО ІСНУВАННЯ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ЛОГІКОЮ ВИБОРУ ШВИДКОСТІ, ПЕРЕМИКАННЯ ВОДІЄМ ПЕРЕДАЧ ТА ЗМІНОЮ СИЛ ОПОРУ НА МАРШРУТІ

Як і вся випадкова величина, що підпорядковується законам розподілу, величина швидкості може бути охарактеризована середнім значення (математичним очікуванням):

$$M(V) = \sum_{i=1}^n V_i p_i = \int_{V_i}^{V_{i+1}} V f_i(V) dV \quad (13)$$

де,  $f_i(V)$  – закон розподілу швидкості на передачі.  
 $dV$  - приріст (зменшення) швидкості

# ПЕРШИЙ НАУКОВИЙ РЕЗУЛЬТАТ

## ГІПОТЕЗА ЩОДО НОРМАЛЬНОГО ЗАКОНУ РОЗПОДІЛУ ШВИДКОСТЕЙ НА ВИСОКИХ ПЕРЕДАЧАХ

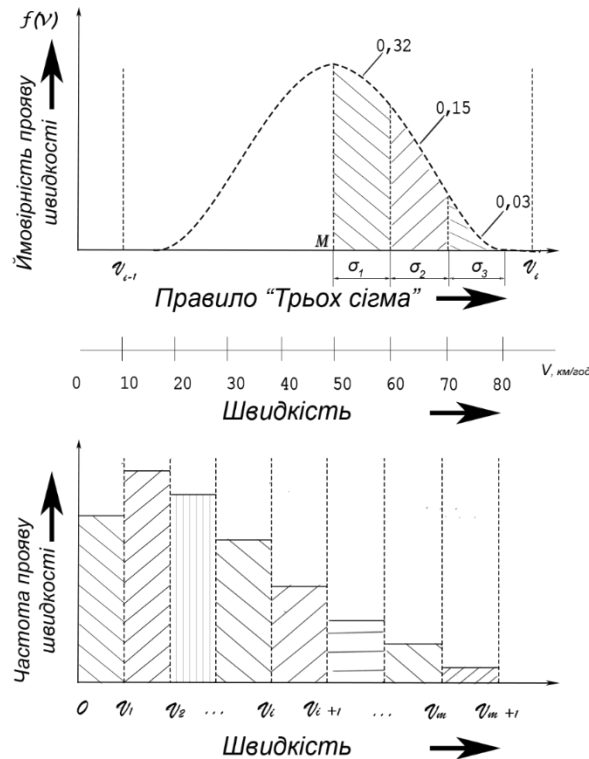


Рисунок 2 – Нормальний закон розподілу швидкостей, представлений у вигляді графіка (а) і гістограми (б)

$$f(V) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma_V \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(V-M_V)^2}{2\sigma_V^2}} & \text{при } V_{i-1} < V < V_i; \\ 0 & \text{при } V > V_i \text{ та } V < V_{i-1}. \end{cases} \quad (14)$$

де,  $V$  – швидкість руху зразка АБТТ, м/с;

$\sigma_V$ ,  $M_V$  – середнє квадратичне відхилення швидкості та математичне очікування швидкості відповідно;

$V_i$ ,  $V_{i-1}$  – максимальні швидкості для  $i$  та  $(i-1)$ -й передач, що визначаються за тягово-динамічною характеристикою зразка АБТТ

Середня швидкість руху на ділянці рівна математичному очікуванню прояву швидкості на передачі, тобто:

$$V_{cp/i} = M[V] = \frac{V_{i-1} + V_i}{2} = \frac{1}{2} V_i (1 + \frac{1}{q_i}) \quad (15)$$

де,  $q$  – закон геометричній прогресії КПП,  $q = \frac{U_i}{U_B} = \frac{U_B}{U_{ш}} = \dots = \frac{U_m}{U_{mi}} =$

$\frac{V_{imax}}{V_{i-1max}}$ , відношення між максимальними швидкостями для  $i$  та  $(i-1)$ -й передач.



# ПЕРШИЙ НАУКОВИЙ РЕЗУЛЬТАТ

## ГІПОТЕЗА ЩОДО РІВНОЗРОСТАЮЧОГО ЗАКОНУ РОЗПОДІЛУ ШВИДКОСТЕЙ НА НИЗЬКИХ ТА СЕРЕДНІХ ПЕРЕДАЧАХ



Рисунок 3 – Графік рівномірно зростаючої щільності розподілу швидкості

$$f(V) = \begin{cases} \frac{2V}{V_i^2 - V_{i-1}^2} & \text{при } V_{i-1} < V < V_i; \\ 0 & \text{при } V > V_i \text{ и } V < V_{i-1}. \end{cases} \quad (16)$$

де,  $V$  – швидкість руху зразка АБТТ, км/год;

$\sigma_V, M_V$  – середнє квадратичне відхилення швидкості та математичне очікування швидкості відповідно;

$V_i, V_{i-1}$  – максимальні швидкості для  $i$  та  $(i-1)$ -й передач, що визначаються за тягово-динамічною характеристикою зразка АБТТ

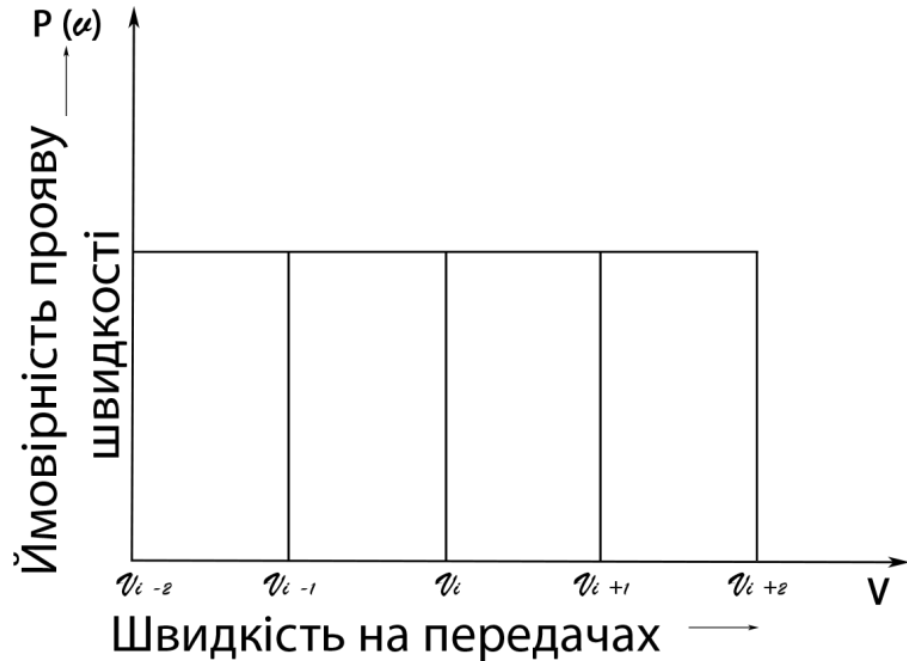
$$V_{cp/i} = M[V] = \int_{v_{i-1}}^{v_i} \frac{2V^2 dV}{V_i^2 - V_{i-1}^2} = 0,67 v_i \left[ \frac{1 + q_i + q_i^2}{(1 + q_i) q_i} \right] \quad (17)$$

де,  $q$  – закон геометричній прогресії КПП,  $q = \frac{U_i}{U_B} = \frac{U_B}{U_{ш}} = \dots = \frac{U_m}{U_{mi}} =$

$\frac{V_{imax}}{V_{i-1max}}$ , відношення між максимальними швидкостями для  $i$  та  $(i-1)$ -й передач.

# ПЕРШИЙ НАУКОВИЙ РЕЗУЛЬТАТ

## ГІПОТЕЗА ЩОДО РІВНОМІРНОГО ЗАКОНУ РОЗПОДІЛУ ШВИДКОСТЕЙ НА СЕРЕДНІХ ПЕРЕДАЧАХ



$$f(V) = \begin{cases} \frac{1}{V_i - V_{i-1}} & \text{при } V_{i-1} < V < V_i \\ 0 & \text{при } V > V_i \text{ та } V < V_{i-1}. \end{cases} \quad (18)$$

$$V_{\text{cp}/i} = M[V] = \int_{V_{i-1}}^{V_i} \frac{V_{i-1} + V_i}{2} = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{1}{q_i} \right) V_i \quad (19)$$

де,  $q_i = \frac{V_i}{V_{i-1}}$  – це відношення між швидкостями сусідніх передач (при  $f_N$ ), що визначається передаточними числами коробки передач

Рисунок 4 – Рівномірна щільність розподілу швидкостей

# ПЕРШИЙ НАУКОВИЙ РЕЗУЛЬТАТ

## ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ КОРИСНОЇ ДІЇ СИСТЕМИ НА $i$ -Й ПЕРЕДАЧІ

$$\eta_i = I_N * k_{\partial} * \eta_{\text{ТР}i} * \eta_{\text{ГП}} * \eta_{\text{РК}} \quad (16)$$

де,  $\eta_i$  – ККД системи машина-водій-середовище на  $i$ -й передачі

$I_N$  – коефіцієнт використання потужності,  $I_N = \frac{(n-1)(1-q^{-1})}{\ln d_n}$ ;

$k_{\partial}$  – коефіцієнт пристосовності двигуна до навантажень

$\eta_{\text{ТР}i}$  – ККД трансмісії на  $i$ -й передачі;

$\eta_{\text{ГП}}$  – ККД головної передачі;

$\eta_{\text{РК}}$  – ККД роздавальної коробки;

Динамічний фактор залежить не від табличної потужності двигуна,, а від потужності підведеної до коліс і реалізованої на ґрунті

$$N_e' = N_{\text{БК}} * I_N * k_{\partial} * \eta_{\text{ТР}i} * \eta_{\text{ГП}} * \eta_{\text{РК}} \quad (17)$$

# ПЕРШИЙ НАУКОВИЙ РЕЗУЛЬТАТ

## УДОСКОНАЛЕНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СЕРЕДНЬОЇ ШВИДКОСТІ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ НА ПЕРЕДАЧІ

$$V_{\text{ср}/i} = \delta_i V_i = \delta_i \frac{N_e \eta_i}{D_i m_{\text{абтт}} g} \quad (18)$$

де,  $V_{\text{ср}/i}$  - середня швидкість руху АБТТ на передачі, м/с;

$\delta_i$  - коефіцієнт фактору набору швидкості водієм

$N_{\text{пит}} = \frac{N_e}{m}$  - питома потужність, кВт/т;

$\eta_i$  - ККД системи машина-водій-середовище на  $i$ -й передачі;

$D_i$  - питома сила тяги (динамічний фактор) на  $i$ -й передачі при  $n_{eN}$ ;

$g$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

# ДРУГИЙ НАУКОВИЙ РЕЗУЛЬТАТ

19

## МЕТОДИКА ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СЕРЕДНЬОЇ ШВИДКОСТІ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ НА МАРШРУТІ В УМОВАХ УСКЛАДНЕННЯ ОБСТАНОВКИ

### СУТНІСТЬ НОВИЗНИ

Визначення основного критерію рухливості (швидкохідності АБТТ) на марші детермінсько-ймовірнісним шляхом за аналізом змінних факторів системи «машина-водій-середовище»

### ДОЗВОЛИЛО

Оцінити час для здійснення маршу (маневру) підрозділами (органами) з урахуванням конструктивних (технічних) характеристик для найбільш типових або ймовірних умовах руху АБТТ.

# ОБМЕЖЕННЯ ПРИЙНЯТІ В ДОСЛІДЖЕННІ

1. Розраховується і прогнозується величина середньотехнічної швидкості одиночного зразка АБТТ на марші, марш відбувається поза передбачуваних ударів противника.
3. Рух приймається прямолінійним, стійким проти перекидання
4. Середня швидкість руху пропорційна величині питомої потужності, тобто  $v_{\text{ср}} = N_{\text{епит}}$ .
5. Дослідження виконується для конкретної ситуації: відповідальна особа за підготовку маршу і за прогнозування середньотехнічної швидкості, вивчає маршрут, зокрема, за ознакою опору руху; виявляє і оцінює коефіцієнти опору руху за загальноприйнятими значенням.
6. Вирішується і зворотна задача: підрозділу призначається смуга, якою визначено рухатись; задача відповідно вивчається на основі аналізу маршруту і вибирається найкращий, на якому засновується передбачуваний час прибуття.
7. На тривалих маршрутах на основі отриманих значень ( $v_{\text{срт}}$ ) командир (начальник) планує великі і малі привали, місця технічного обслуговування машин і відпочинок персоналу. Заздалегідь плануються місця заправки.
8. Замість загального врахування сил тяги і сил опору враховуються їх питомі значення: динамічний фактор  $D = \frac{P_T}{G}$  та коефіцієнт опору руху  $\Psi = \frac{P_\psi}{G}$ .

# ДРУГИЙ НАУКОВИЙ РЕЗУЛЬТАТ

## ФОРМУЛА СЕРЕДНЬОЇ ШВИДКОСТІ НА МАРШРУТІ

$$V_{\text{ср}/i} = \delta_i \frac{N_{\text{пит}} \eta_i}{D_i g} \quad (19)$$

На всьому шляху:

$$S = \sum_{i=1}^n V_{\text{ср}i} t_i \quad (20)$$

де,

$V_{\text{ср}/i}$  - середня швидкість руху АБТТ на передачі, м/с

$N_{\text{пит}} = \frac{N_e}{m}$  – питома потужність, Вт/кг;

$\eta_i$  – ККД системи машина-водій-середовище на  $i$ -й передачі;

$D_i$  – питома сила тяги (динамічний фактор) на  $i$ -й передачі при  $n_{eN}$ ;

$g$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

# ПЕРШИЙ НАУКОВИЙ РЕЗУЛЬТАТ

## ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОСНОГО ЧАСУ РУХУ НА ПЕРЕДАЧІ

$$\gamma_i = \frac{t_i}{t} = \frac{S_i}{S} = \frac{t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{S_i S}{\delta_i V_i \sum_{i=1}^n t_i} = \frac{k_i d_i}{\delta_i \sum_{i=1}^n \frac{k_i d_i}{\delta_i}} \quad (21)$$

де,  $\gamma_i$  – відносний часу руху на конкретній передачі, інакше врахуємо частість використання водієм конкретних передач;

$t_i$  – часу руху на  $i$ -й передачі, год;

$t$  – загальний часу руху на маршруті, год;

$S_i$  – шлях руху на  $i$ -й передачі, год;

$S$  – загальний шлях руху на маршруті, год;

$k_i$  – відношення шляху, що долається на  $i$ -й передачі, до всього маршруту;

$d_i = q^{n-1} = \frac{V_{\text{вищ}i_{\text{max}}}}{V_{\text{нищ}i_{\text{max}}}}$  – діапазон відношення максимальної швидкості  $V_{\text{max}}$  на вищій передачі до максимальної

швидкості  $V_{i,\text{max}}$  на  $i$ -й передачі;

$\delta_i$  - коефіцієнт врахування фактору набору швидкості водієм.



# ПЕРШИЙ НАУКОВИЙ РЕЗУЛЬТАТ

## РЕЗУЛЬТУЮЧА ФОРМУЛА ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОЇ ШВИДКОСТІ НА МАРШРУТІ

$$V_{\text{СРМ}} = N_{\text{ПИТ}} \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i \eta_i \gamma_i}{D_i g} \quad (22)$$

$$V_i = \frac{N \psi}{\psi_i G}$$

$$V_{\text{СРМ}} = \frac{\text{Вт}}{\text{кг}} * \frac{1}{\frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{\frac{\text{Н} * \text{м}}{\text{с}}}{\text{кг}} * \frac{\text{с}^2}{\text{м}} = \frac{\text{кг} * \text{м}^2}{\text{с}^3 * \text{кг}} * \frac{\text{с}^2}{\text{м}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

де,  $V_{\text{СРМ}}$  - середня швидкість руху АБТТ на маршруті, м/с;

$I_N$  - коефіцієнт використання потужності;

$N_{\text{ПИТ}} = \frac{N_e}{m}$  - питома потужність, кВт/т;

$\eta_i$  - ККД системи машина-водій-середовище на  $i$ -й передачі;

$\gamma_i$  - відносний час руху на передачі;

$D_i$  - питома сила тяги (динамічний фактор) на  $i$ -й передачі при  $n_{eN}$ ;

$g$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

## ДРУГИЙ НАУКОВИЙ РЕЗУЛЬТАТ

### ОСНОВНИЙ ВИРАЗ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗНИКА РУХЛИВОСТІ АБТТ

$$P_{\text{АБТТ}/i} = \frac{\delta_i \gamma_i \eta_i}{D_i} \quad (23)$$

де,  $P_{\text{АБТТ}/i}$  – комплексний питомий показник рухливості

$\delta_i$  – коефіцієнт врахування фактору набору швидкості водієм (за статичним розподілом)

$D_i$  – питома сила тяги (динамічний фактор) на  $i$ -й передачі при  $n_{eN}$ ;

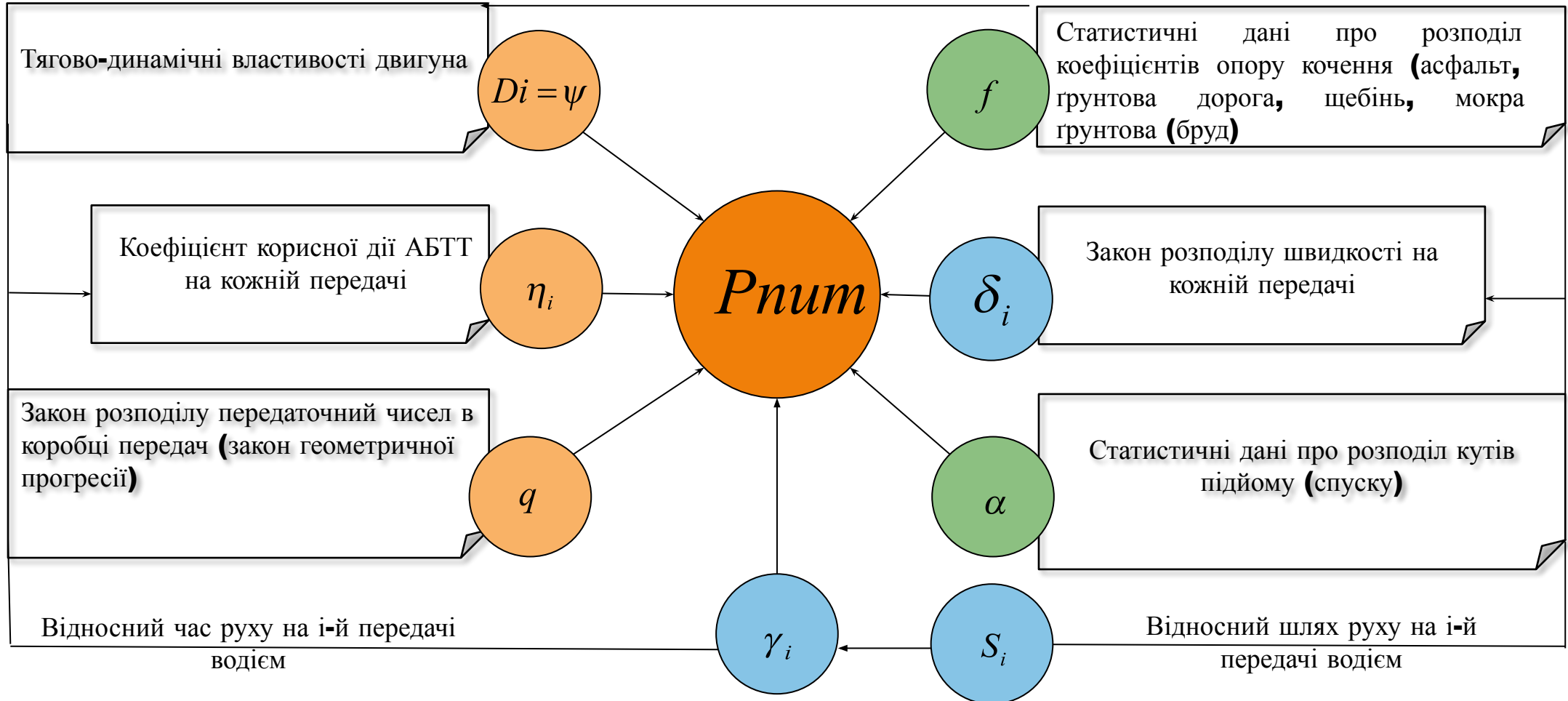
$\eta_i$  – ККД системи машина-водій-середовище на  $i$ -й передачі

$\gamma_i$  – відносного час руху на  $i$ -й передач (ділянці)

## БЛОК - СХЕМА ВИЗНАЧЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗНИКА РУХЛИВОСТІ

### ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ :

### ХАРАКТЕРИСТИКИ МІСЦЕВОСТІ:



### ЛОГІКА ПОВЕДІНКИ ВОДІЙ

## МЕТОДИКА ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РУХЛИВОСТІ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ МАНЕВРУ ПІДРОЗДІЛАМИ В УМОВАХ УСКЛАДНЕННЯ ОБСТАНОВКИ

**1. Заданий маршрут розбити на однорідні ділянки** за вказаною методикою та визначити частість їх появи  $\omega_i$ .

**2. Визначити закон розподілу НВВ** (дорожнього опору руху) за існуючим математематичним апаратом.

**3. Визначити середню швидкість руху АБТТ на маршруті** (на відміну від досліджуваної раніше середньої, тобто швидкість, що забезпечується технічними, в більшій мірі конструктивними, факторами з активною участю водія.

$$V_{\text{срм}} = I_{\text{пит}} N_{\text{пит}} \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i \eta_i \gamma_i}{D_i g}$$

де,

$D_i$  – питома сила тяги (динамічний фактор) на  $i$ -й передачі при  $n_{eN}$ ;

$\eta_i$  – ККД зразка

$I_N$  – коефіцієнт використання потужності;

$N_{\text{епит}} = \frac{N_e}{m}$  – питома потужність

# МЕТОДИКА ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РУХЛИВОСТІ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ МАНЕВРУ ПІДРОЗДІЛАМИ В УМОВАХ УСКЛАДНЕННЯ ОБСТАНОВКИ

**4. Розраховуємо ( $V_{\text{рух}}$ ) для всього маршруту.**

$$V_{\text{рух}} = \sum_{i=1}^m \omega_i V_{\text{ср}/i} \quad (24)$$

$V_{\text{рух}}$  – можлива середня технічна швидкість, характерна для зразка АБТТ при русі по різних типах доріг на даному маршруті;

$\omega_i$  – частота появи  $i$ -ї ділянки, умови руху по якій вимагають застосування  $i$ -ї передачі;

$m$  – число типів дорожнього покриття, по якому зразок АБТТ здійснює рух.

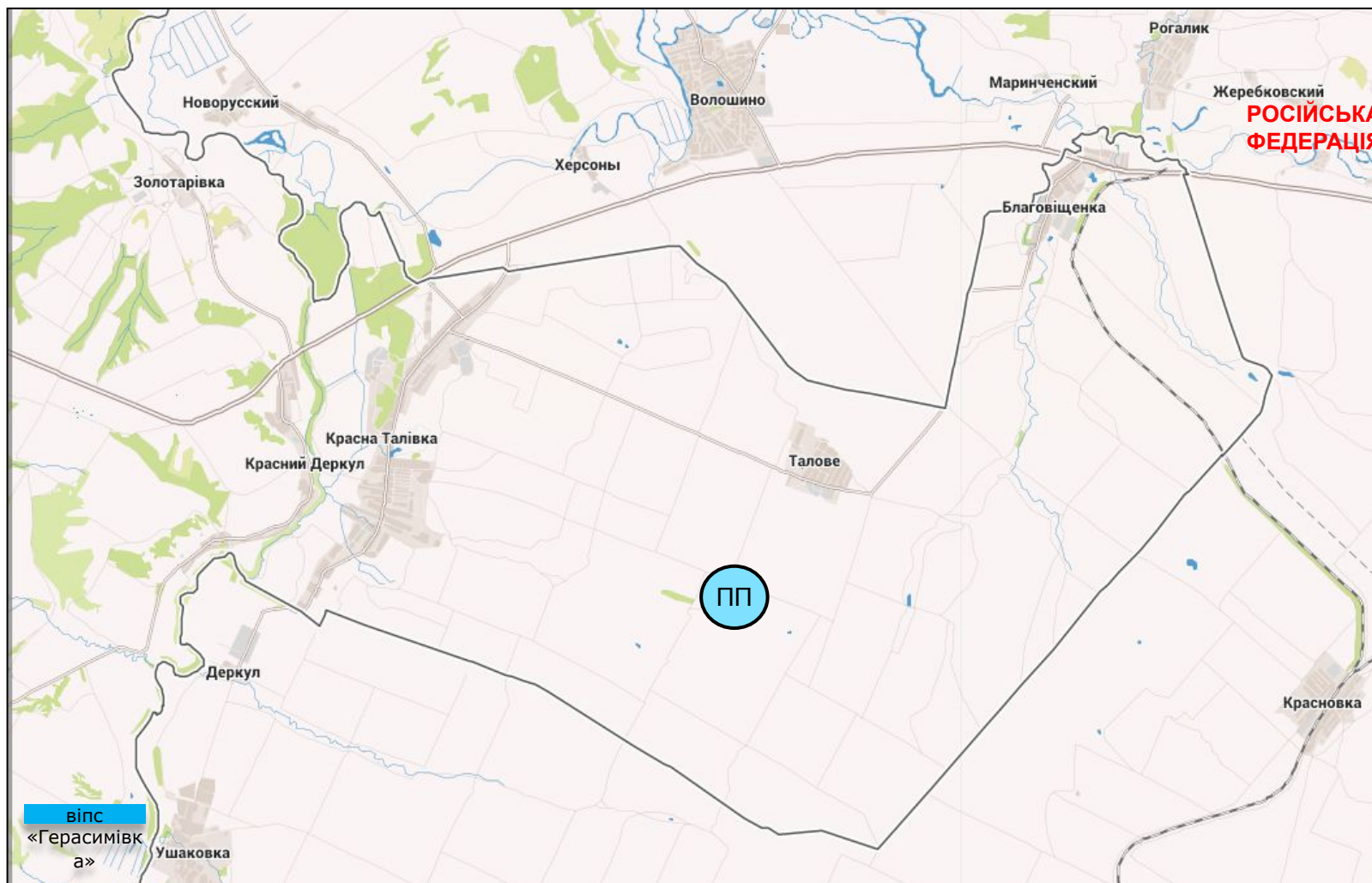
# ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РУХЛИВОСТІ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ ОБПК «ЩАСТЯ» ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ПАТРУЛЮВАННЯ НА ДІЛЯНЦІ ВПС «КРАСНА ТАЛІВКА» 30

Таблиця 2 - Значень середньотехнічної швидкості, комплексного показника рухливості для зразків автобронетанкової техніки ОБПК «Щастя»

Зразки АБТТ	Нпит, кВт/т		Vср т1, км/год			Vсрт 2, км/год			Vсрт3, км/год			Vсрт4, км/год		m	Vсм, км/год
КраЗ Кугуар (бенз)	26,9	0,2	5,38	0,25	0,4	10,76	0,5	0,8	21,52	0,25	2,44	65,64	0,25	4	28,51
БТР-70	19,15	1,5	28,73	0,25	1,89	36,19	0,5	2,6	49,79	0,25	2,8	53,62	0,25	4	51,13
КраЗ Кугуар (диз)	29,7	0,22	6,534	0,25	0,45	13,37	0,5	0,84	24,95	0,25	2,5	74,25	0,25	4	33,12

# ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РУХЛИВОСТІ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ ОБПК «ЩАСТЯ» ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ПАТРУЛЮВАННЯ НА ДІЛЯНЦІ ВПС «КРАСНА ТАЛІВКА»

31



## Маршрут руху (варіанти):

1. Ушаковка – Деркуп –  
Красна Талівка – Талове  
– Ушаковка (102 км)

$V_{кугуар1} = 30 \text{ км/год}$

$T_{руху} = 3 \text{ год } 15 \text{ хв}$

$V_{БР70} = 50 \text{ км/год}$

$T_{руху} = 2 \text{ год } 05 \text{ хв}$

$V_{кугуар2} = 35 \text{ км/год}$

$T_{руху} = 2 \text{ год } 50 \text{ хв}$

# ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ

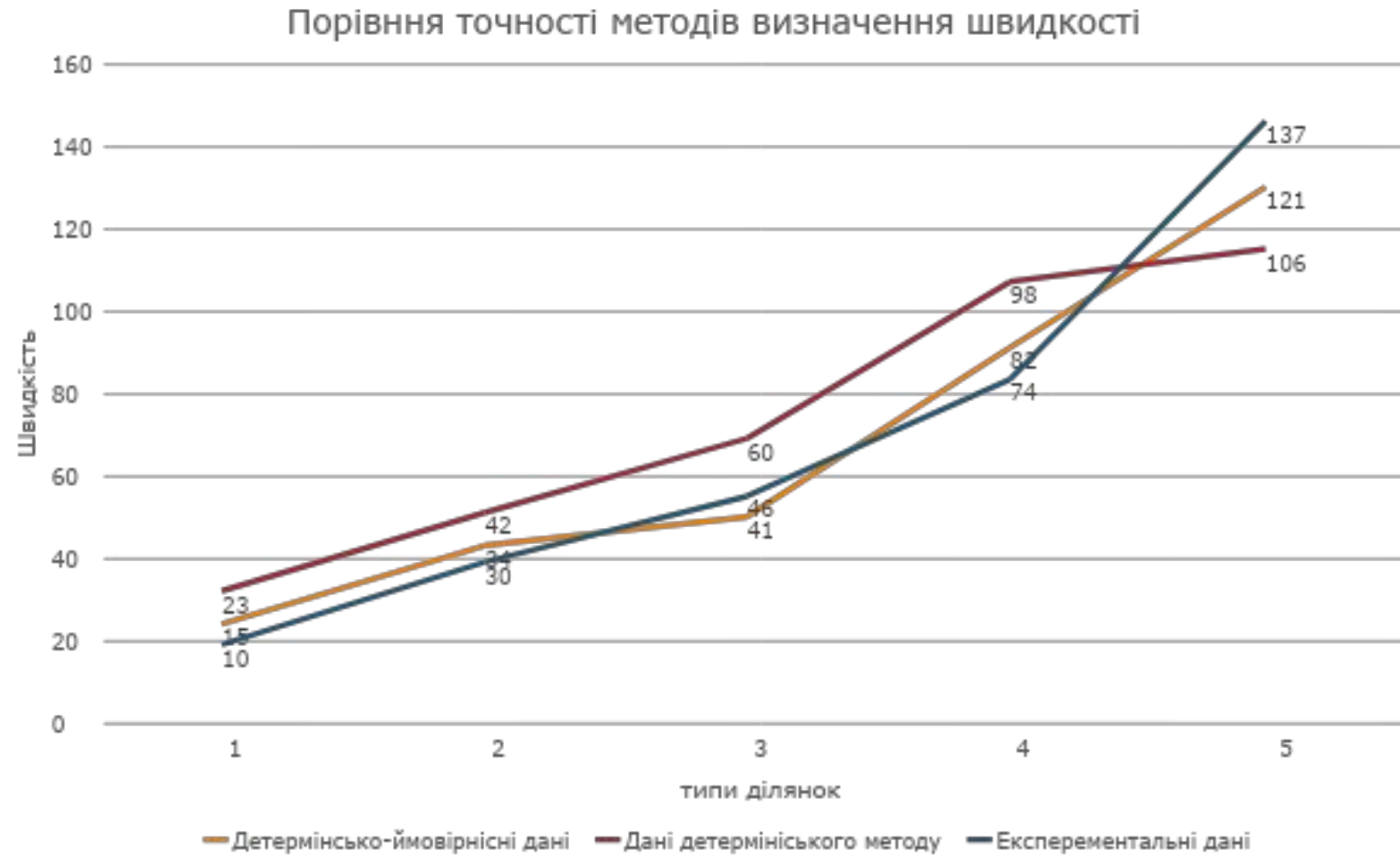


Рисунок 11– Графік визначення швидкостей за детерміністичний методом, детермінсько-ймовірнісним та експериментальним на маршруті



## Детерміністичний метод визначення рухливості АБТТ на маршруті

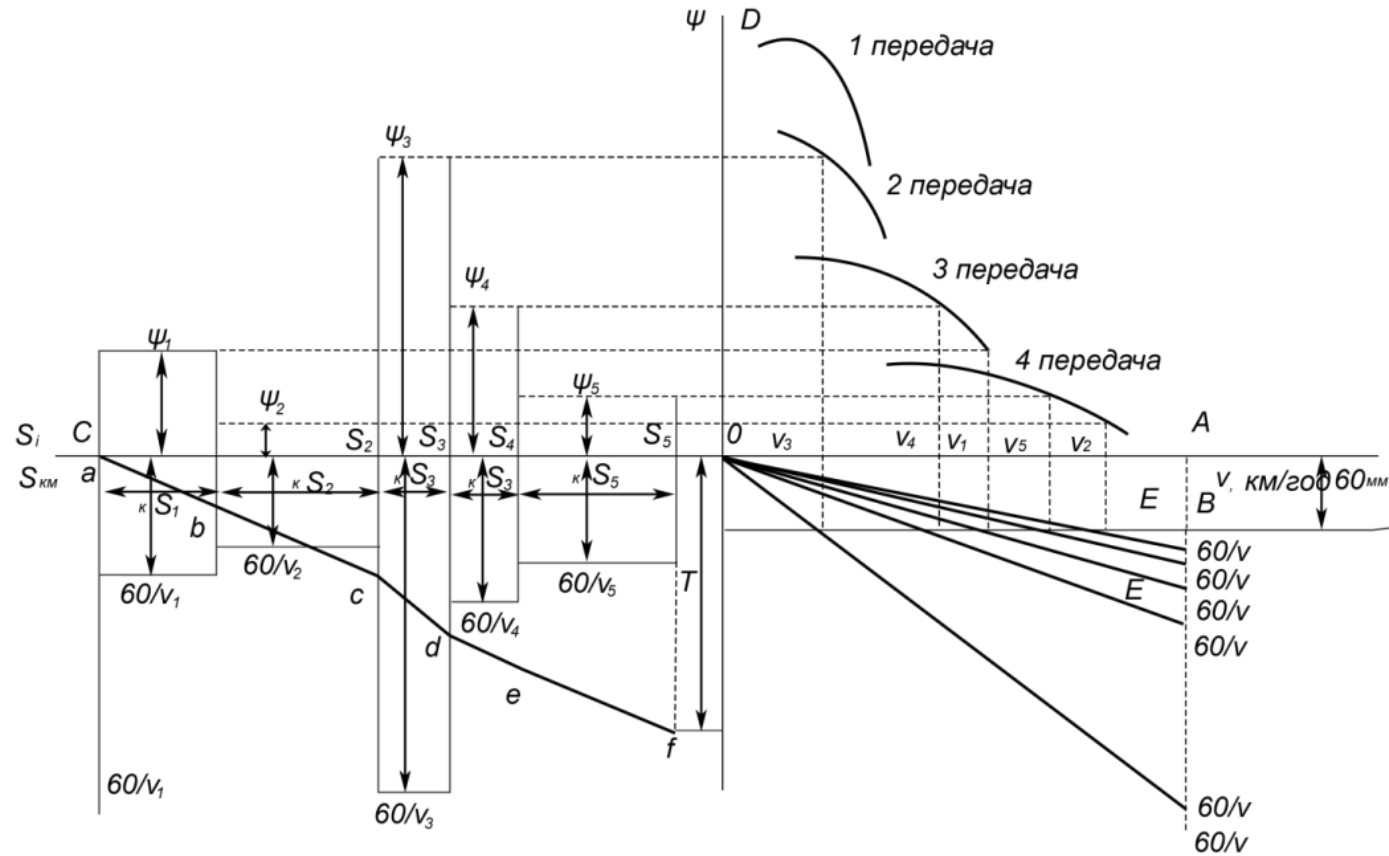


Рисунок 12– Графік характеристик, що відображає детерміністичний метод визначення рухливості АБТТ на маршруті

# ПЕРШИЙ НАУКОВИЙ РЕЗУЛЬТАТ

## ПОРІВНЯЛЬНА ТАБЛИЦЯ З ПОПЕРЕДНІМИ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### ПЕРЕВАГИ, НЕДОЛІКИ ДЕТЕРМІНОВАНОГО МЕТОДУ

### ПЕРЕВАГИ, НЕДОЛІКИ ЙМОВІРНІСНОГО МЕТОДУ

Таблиця 1

НЕДОЛІКИ	ПЕРЕВАГИ
ЗАЙМАЄ БАГАТО ЧАСУ ПРИ ГРАФО-АНАЛІЧНОМУ АЛГОРИТМІ	НЕ ПОТРЕБУЄ ПОПЕРЕДНІХ СТАТИСТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ МІСЦЕВОСТІ
НАДАЄ ДУЖЕ НАБЛИЖЕНУ ІНФОРМАЦІЮ	
НЕ ВРАХОВУЄ ЛОГІКУ ПОВЕДІНКИ ВОДІЯ	
НЕ ЗРУЧНИЙ ДЛЯ АЛГОРИТМІЗАЦІЇ	
НЕ ВРАХОВУЄ ЙМОВІРНІСНІ ЗМІНИ ДОРОЖНЬОГО ОПОРУ	

НЕДОЛІКИ	ПЕРЕВАГИ
ПОТРЕБУЄ ПОПЕРЕДНІХ СТАТИСТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ МІСЦЕВОСТІ	НАДАЄ РЕАЛЬНУ ТА ТОЧНУ ІНФОРМАЦІЮ
	ЗРУЧНИЙ ДЛЯ АЛГОРИТМІЗАЦІЇ
	ВРАХОВУЄ ЛОГІКУ ПОВЕДІНКИ ВОДІЯ
	ВРАХОВУЄ ЗМІНИ ДОРОЖНЬОГО ОПОРУ
	НАДАЄ МОЖЛИВІСТЬ ШВИДКО ОТРИМАТИ ДОСТОВІРНУ ІНФОРМАЦІЮ

# ПУБЛІКАЦІЇ У НАУКОВИХ ФАХОВИХ ВИДАННЯХ: 35

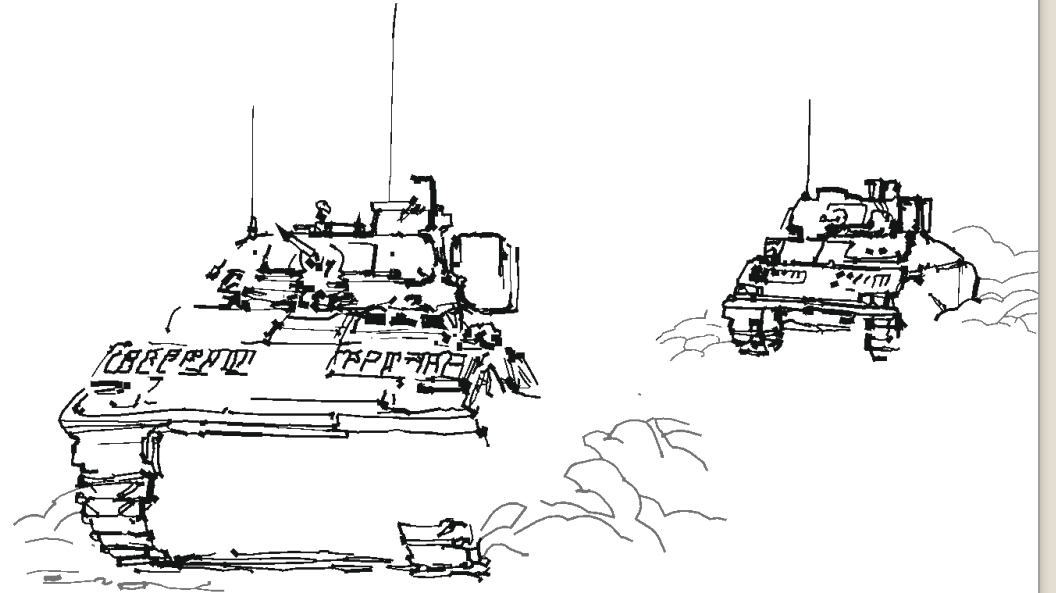
- ❖ Осташевський С.А., Пятков М.С. «**АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ДО ВИЗНАЧЕННЯ РУХОМОСТІ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ**» у Збірнику наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: військові та технічні науки: наукове видання № 3(77) за 2018 рік;
- ❖ Осташевський С.А., Пятков М.С. «**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЛОГІКИ ПОВЕДІНКИ ВОДІЯ ЗРАЗКА АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ**» у журналі НУБІП «Наукові доповіді НУБІП України» Серія: ТЕХНІКА ТА ЕНЕРГЕТИКА АПК: наукове видання № 6(82) за 2019 рік;
- ❖ Осташевський С.А., Пятков М.С. «**РУХЛИВІСТЬ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ ТА ЇЇ КОМПОНЕНТНІ ВЛАСТИВОСТІ**» у Збірнику наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: військові та технічні науки: наукове видання № 5(12) (таємний) за 2020 рік;
- ❖ Осташевський С.А., Пятков М.С. «**ПИТОМИЙ ПОКАЗНИК РУХЛИВОСТІ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ**» у Збірнику наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: військові та технічні науки: наукове видання № 2(83) за 2020 рік;
- ❖ M.Pjatkov «**DETERMINISTIC-PROBABILITY EVALUATION METHOD OF THE AVERAGE TECHNICAL SPEED OF AUTO AND ARMORED TECHNICS**» Paradigm of Knowledge № 5(49), 2021

# АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ:

- ❖ Київ, XIV-та Міжнародна науково-практична конференція «Військова освіта та наука: сьогодення та майбутнє» (22 листопада 2018 року) «**РУХОМІСТЬ – ЯК ОСНОВНА ВЛАСТИВІТЬ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ**»;
- ❖ Харків, Науково-практична конференція «Службово-бойова діяльність Національної гвардії України» (14 березня 2019 року) «**ОСНОВНА КОМПОНЕНТНА ВЛАСТИВІТЬ РУХЛИВОСТІ АБТТ**»;
- ❖ Чернігів, наукова-технічної конференція «Створення та модернізація озброєння та військової техніки в сучасних умовах», «**ПРОГНОЗУВАННЯ РУХЛИВОСТІ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ**»;
- ❖ Одеса, науково-практична конференція "Актуальні питання забезпечення службово-бойової діяльності військових формувань та правоохоронних органів «**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЛОГІКИ ПОВЕДІНКИ ОПЕРАТОРА ЯК КОМПОНЕНТА ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РУХОМОСТІ ЗРАЗКА АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ**»;
- ❖ Хмельницький, Наукова конференція «Освітньо-наукове забезпечення діяльності складових сектору безпеки й оборони України» (14 березня 2019 року) «**ЛОГІКА ПОВЕДІНКИ ВОДІЯ ПРИ ВИБОРІ ШВИДКОСТІ РУХУ З УРАХУВАННЯМ ОПОРІВ ДОРОЖНЬОГО СПЕКТРУ**»;
- ❖ Хмельницький, Наукова конференція «Освітньо-наукове забезпечення діяльності складових сектору безпеки й оборони України» (26 листопада 2020 року) «**АЛГОРИТМ ВИБОРУ ПЕРЕДАЧ ТА ОБЕРТІВ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛУ ДВИГУНА ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ ПАЛИВА ЗРАЗКА АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ**»
- ❖ Харків, Міжнародна наукова конференція «Новітні технології для захисту повітряного простору» (26 листопада 2020 року) «**ДЕТЕРМІСТСЬКО-ЙМОВІРНІСНА МЕТОДИКА ОЦІНКИ СЕРЕДНЬО- ТЕХНІЧНОЇ ШВИДКОСТІ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ**»
- ❖ Хмельницький, Наукова конференція «Освітньо-наукове забезпечення діяльності складових сектору безпеки й оборони України» (25 листопада 2021 року) «**ПИТОМИЙ ПОКАЗНИК РУХЛИВОСТІ, ЯК КРИТЕРІЙ ОЦІНКИ ШВИДКІСНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗРАЗКА АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ**»;

## РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ :

- ❖ **ВИКОНАНО** науково-дослідну роботу за темою «ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІСНУЮЧИХ НАУКОВО-МЕТОДИЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РУХЛИВОСТІ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ» Шифр 219 – 0018
- ❖ **ПРИЙНЯТО УЧАСТЬ** у визначальних відомчих випробуваннях мотоциклів «Minsk X250» та «Loncin SX250 LX250GY3» на базі Чернігівського прикордонного загону (Акт реалізації від 10.09.2020 р. №201/16).
- ❖ **ОТРИМАНО РЕЗУЛЬТАТИ** від реалізації результатів дослідження на ОБПК Лисичанського прикордонного загону та на базі Бердянського прикордонного загону (Довідка реалізації від 20.09.2021 р. №42/1, довідка реалізації від 22.11.2021 р. №32/1233).



# ПЕРШИЙ НАУКОВИЙ РЕЗУЛЬТАТ

## ПЕРЕВІРКА АДЕКВАТНОСТІ ВИЗНАЧЕНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ШВИДКОСТІ НА ПЕРЕДАЧІ

Повна маса: 5,9 т

Потужність двигуна: 175 кВт

Питома потужність: 29,7 кВт/т

Таблиця 1

	Швидкість дет.- ймовірнісний метод	Похибка	Швидкість детермініський метод	Похибка	Експериментальні значення швидкості	Покращення точності
Впісок=	32,9	-18%	35	-25%	28	-7%
Вмокра ґрунтова(бруд)=	38,8	-14%	40	-18%	34	-4%
Вґрунтова=	44,3	-6%	48	-14%	42	-9%
Вґравійна=	52,2	-4%	55	-10%	50	-6%
Васфальт=	62,7	4%	68	-5%	65	-8%

**ДЯКУЮ ЗА УВАГУ**