

Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування і транспорту  
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

**ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМОБІЛІВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ВІЙСЬКОВОГО  
КЛІНІЧНОГО САНАТОРІЮ "ХМІЛЬНИК" МІСТО ХМІЛЬНИК ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ  
МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНІВ ТА ЇХ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Графічна частина  
до магістерської кваліфікаційної роботи  
зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт  
08-29.МКР.124.00.000

Керівник роботи д.т.н., професор каф. АТМ

Кашканов А.А.

Розробив студент гр. 1АТ-19м

Фаєр Д.Р.

Вінниця ВНТУ 2020

## **Мета і завдання дослідження.**

**Мета роботи** – підвищення безпеки використання автомобілів шляхом удосконалення методів контролю потужності двигунів та їх динамічних характеристик.

**Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:**

- дослідити зміну потужності двигуна та динамічних характеристик автомобіля в процесі його руху та визначити методи їх контролю;
- виконати експериментальні дослідження з визначення повної маси автомобіля та ефективної потужності його двигуна;
- встановити доцільність контролю динамічних характеристик та потужності двигуна як засобів підвищення безпеки руху автомобілів.

### **Наукова новизна одержаних результатів**

Отримали подальший розвиток теоретичні підходи та методи оцінки експлуатаційних властивостей, що впливають на безпеку руху, які дозволяють враховувати залежність необхідного запасу потужності двигуна від умов здійснення обгону автомобілем на дорозі з двостороннім рухом.

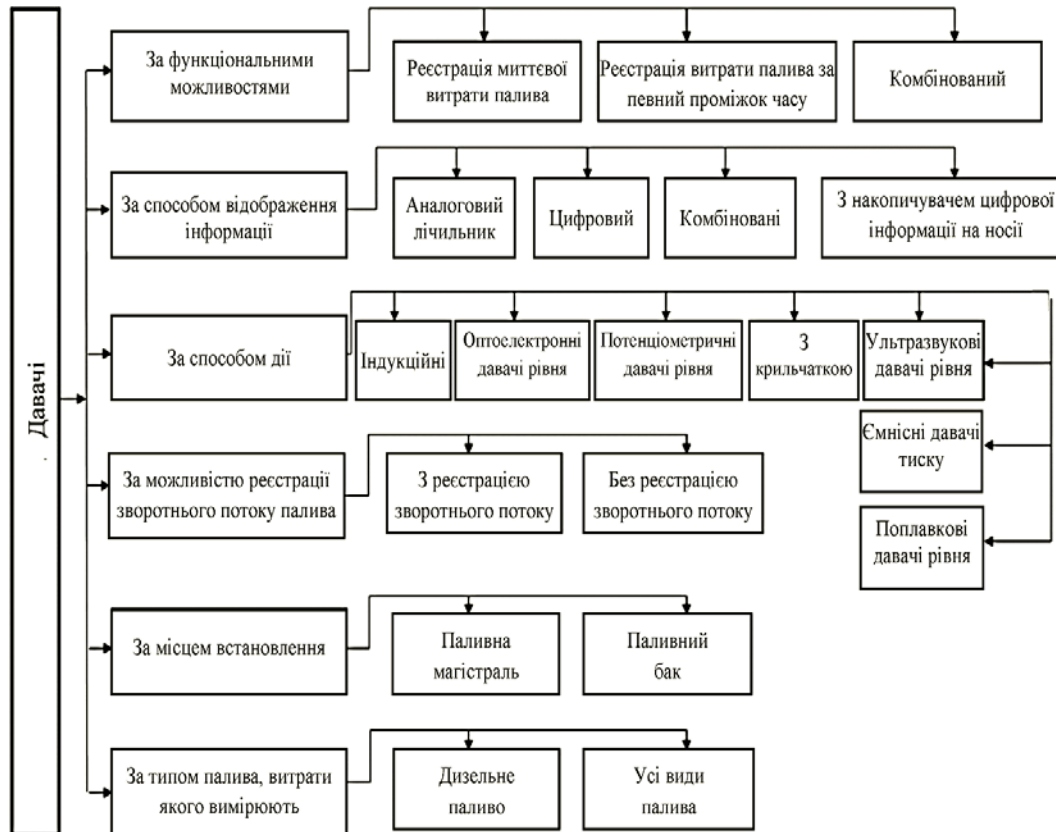
### **Практичне значення одержаних результатів**

Запропонований метод оцінювання запасу потужності двигуна, що потребує автомобіль для виконання безпечного маневрування при обгоні, може використовуватись для покращення бортової системи активної безпеки автомобілів. Цей метод також буде корисним при встановленні причин виникнення аварійних ситуацій.

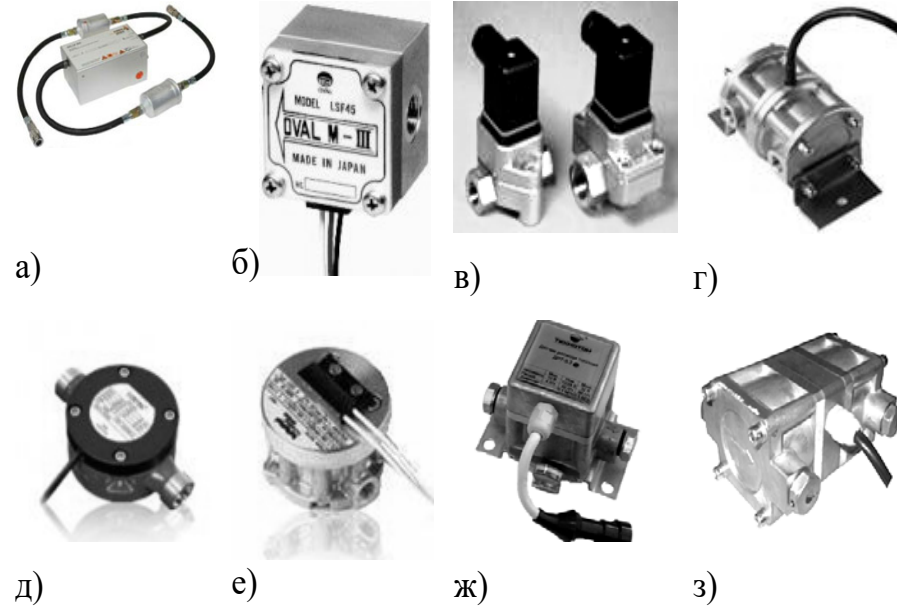
### Методи обліку витрат пального транспортних засобів (ТЗ):

- контроль рівень палива в баках ТЗ на початку і в кінці маршруту
- обчислення середньої витрати палива з подальшим використанням його як норми
- використання альтернативних датчиків і лічильників палива.

### Класифікація датчиків, що можуть бути використані для визначення витрати палива в умовах експлуатації



### Датчі, що можуть застосовуватися для вимірювання миттєвої витрати палива під час руху автомобілів



- а – датч виміру миттєвої витрати палива DFL1x-5bar;  
 б – камерний датч витратомір Flowmate Oval MIII;  
 в – проточні лічильники реальної витрати палива Trimesc серії EM моделей EM004, EM006;  
 г – датч для диференційного вимірювання витрати палива DFM8D;  
 д – датч витрати палива з імпульсним виходом DFM25S;  
 е – лічильник палива VZO 4 OEM, VZO 8 OEM  
 ж – датч витрати палива ДРТ 5.2 / 7.2;  
 з – датч витрати палива ДРТ-77

## Методи визначення потужності двигуна

- на основі перерозподілу циліндрових навантажень
- парціальні методи визначення потужності засновані на випробуваннях двигунів на гальмівних установках малої потужності
- метод визначення потужності двигуна зі знаходженням потужності механічних втрат по частоті обертання колінчастого валу
- диференційний метод визначення відхилення потужності від номінального значення по окремих циліндрах
- методи визначення ефективної потужності двигуна спеціальними приладами

Визначення потужних характеристик в умовах експлуатації в основному проводиться безгальмівними методами в сталому і несталому режимах

## Метод визначення потужності за максимальною ефективною потужністю працюючого циліндра

$$N_{ei \max} = 0,25 \cdot [N_{e \text{ ном}} - A \cdot (n_{p \max} - n_{\phi \max})]$$

де  $N_{e \text{ ном}}$  – номінальна ефективна потужність двигуна, кВт;

$A$  – коефіцієнт, постійний для однотипних двигунів;

$n_{p \max}$  – розрахункова максимальна частота обертання колінчастого валу двигуна при роботі одного циліндра, хв.<sup>-1</sup>;

$n_{\phi \max}$  – фактична максимальна частота обертання колінчастого валу двигуна при роботі одного циліндра, хв.<sup>-1</sup>.

Допустима нерівномірність навантаження не повинна перевищувати 12%

## Метод визначення потужності за ефективною витратою палива

$$N_{e \max} = \left( \frac{G_{m \max} - G_{mx.x}}{b} \right)^{\frac{1}{a}}$$

де  $G_{m \max}$  і  $G_{mx.x}$  – відповідно витрата палива при максимальній потужності і на холостому ході, кг/год;

$a$ ,  $b$  – коефіцієнти, що постійні для однотипних двигунів.

## Безгальмівний метод визначення потужності двигуна в несталому режимі (динамічний метод)

$$N_e = 0,001 \cdot Jw \cdot \frac{dw}{dt}$$

де  $J$  – приведений момент інерції, Нм·с<sup>2</sup>;

$w$  – кутова швидкість колінчастого валу, рад/с;

$dw/dt$  – кутове прискорення колінчастого валу, рад/с<sup>2</sup>.

## Способи визначення зміни маси автомобіля в процесі експлуатації

1) Для визначення маси вантажу вимірюють відстані від встановлених чотирьох і більше точок вантажо-приймальної платформи, до поверхні дорожнього полотна, на якій стоїть колісний транспортний засіб до і після встановлення вантажу. Значення маси вантажу  $M$  визначають за зміною вимірної відстані  $\Delta l$  і визначеної для кожного виду колісного транспортного засобу залежності

$$M = f(\Delta l, M')$$

де  $f(\Delta l, M')$  – функціональна залежність, виведена на основі

закону Гука для конкретної марки транспортного засобу  $M'$ .

2) Спосіб вимірювання ваги колісного транспортного засобу, який полягає у визначенні частотної характеристики, за якою складають математичну модель транспортного засобу, визначенні частотної характеристики й температури кожної шини транспортного засобу, а також значення атмосферного тиску до і після завантаження, і за результатами цих вимірювань по математичній моделі транспортного засобу визначають масу його вантажу

3) Спосіб визначення маси колісного транспортного засобу з вантажем при проведенні вибігу, який здійснюється у розвантаженому та завантаженому станах. Якщо перед проведенням випробувань вантаж було зважено та визначено його масу  $m_{zp}$ , то маса автомобіля визначатиметься за формулою

$$m_a = \frac{m_{GP}}{1 - a_3/a'_3},$$

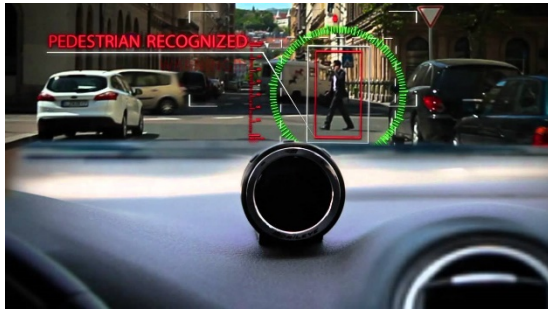
де  $a_3, a'_3$  – коефіцієнти, які визначаються після проведення вибігу автомобіля відповідно в порожньому та завантаженому стані.

Якщо відома маса автомобіля  $m_a$  та необхідно визначити масу вантажу, яка визначається за формулою то використовується формула

$$m_{GP} = m_a \left( 1 - \frac{a_3}{a'_3} \right).$$

При розрахунках необхідно брати відношення  $a_3/a'_3$  при однакових значеннях швидкості  $V_a$  автомобіля в завантаженому та порожньому стані в процесі вибігу. Це дозволяє виключити залежність фактора супротиву повітря від швидкості та отримувати середній результат.

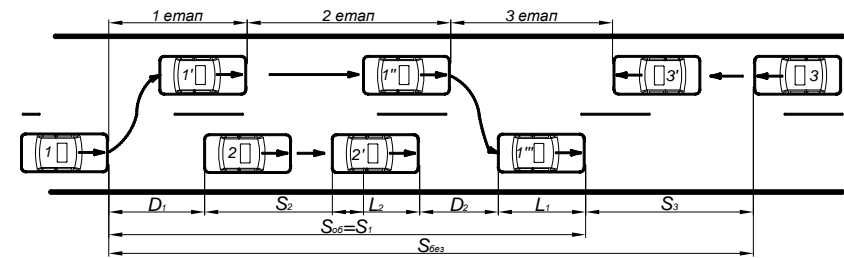
## Системи запобігання зіткненню автомобілів як елемент забезпечення безпеки руху



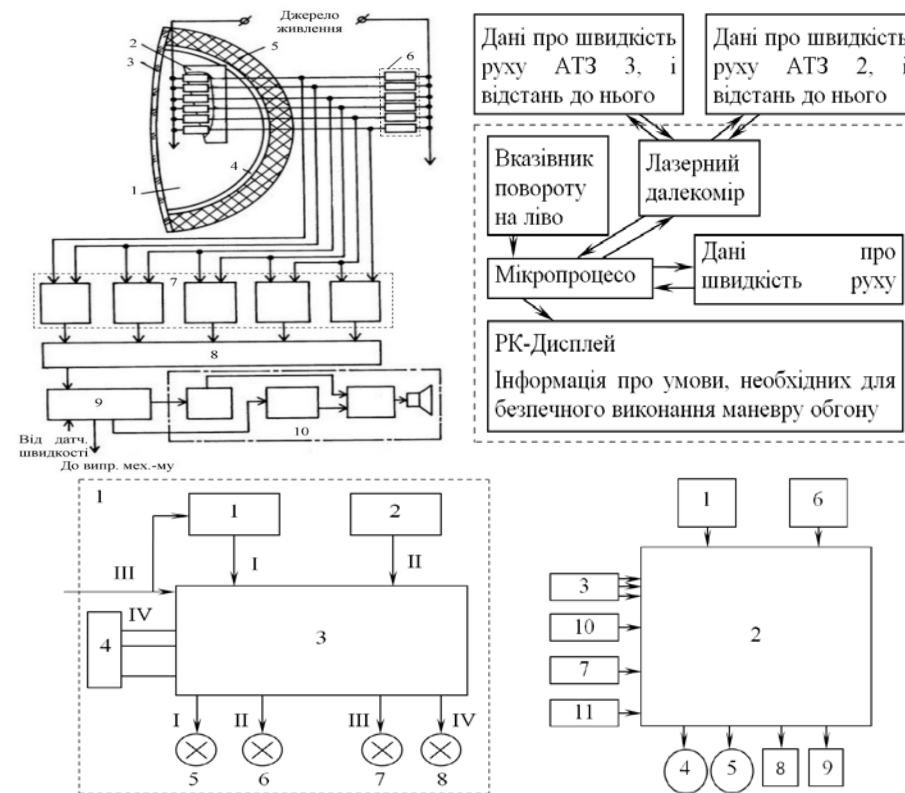
Логічна послідовність робочого процесу системи запобігання зіткненню автомобілів (СЗЗА) складається з таких операцій:

- виявлення потенційного на шляху руху;
- вимірювання дистанції до об'єкта-перешкоди;
- вимірювання швидкості об'єкта-перешкоди;
- вимірювання власної швидкості автомобіля, обладнаного СЗЗА;
- розрахунок дистанції безпеки на основі даних про можливі гальмівні шляхи керованого та лідируючого автомобілів з врахуванням зчпних якостей шин з дорожнім покриттям;
- порівняння розрахункової безпечної дистанції з існуючою дистанцією між керованим автомобілем та перешкодою для руху;
- виявлення необхідності зміни режиму руху;
- визначення моменту часу, коли потрібно почати зміну режиму руху;
- формування сигналу водію про початок зміни режиму руху.

### Схема виконання маневру обгону



### Пристрої для запобігання зіткненню автомобілів при обгоні



## Визначення потужності двигуна в процесі руху автомобіля

$$N_e = m_a V_a \left[ \dot{V}_a \left( 1 + \frac{l_{np}}{m_a \cdot r_{\partial}^2} \right) + g(f_0 \pm i) + \frac{M_{TPCT}^c}{m_a \cdot r_{\partial}} + \frac{K_1}{m_a \cdot r_{\partial}} V_a + \left( g A f_0 + \frac{kF}{m_a} \right) \cdot V_a^2 \right]$$

де  $m_a$  – загальна маса автомобіля;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$kF$  – фактор аеродинамічного опору ( $k$  – коефіцієнт опору повітря,  $F$  – мідель);

$i$  – поздовжній ухил дороги;

$V_a$  – лінійна швидкість автомобіля.

$r_{\partial}$  – динамічний радіус ведучих коліс;

$M_{TPCT}^c$  – момент опору в трансмісії статичний, обумовлений силою сухого тертя;

$K_1$  – коефіцієнт пропорційності між швидкістю  $V_a$  автомобіля і кінематичними моментом опору в трансмісії (залежить від величини динамічної в'язкості трансмісійного масла, що змінюється при зміні температури);

$l_{np}$  – приведений до ведучих коліс момент інерції трансмісії.

$f_0$  – коефіцієнт опору коченню при русі автомобіля зі швидкістю  $V_a < 16,7 \text{ м/с}$  ( $60 \text{ км/год}$ );

$A$  – коефіцієнт, що враховує вплив квадрата лінійної швидкості  $V_a^2$  автомобіля на величину  $f$ .

Потужність двигуна, що витрачається на розгін  $N_p = m_a \cdot V_a \cdot \dot{V}_a$

Миттєвий коефіцієнт корисної дії (ККД) автомобіля  $\eta_{MIT} = \frac{N_p}{N_e} = \frac{\dot{V}_a}{\dot{V}_a b_1 + b_2 + b_3 V_a + b_4 V_a^2}$



## Блок-схема послідовності визначення потужності двигуна автомобіля під час його руху



$$N_e = m_a V_a \cdot (\dot{V}_a \cdot b_1 + b_2 + b_3 V_a + b_4 V_a^2)$$

$$b_1 = \delta_p = 1 + \frac{l_{np}}{m_a \cdot r_\partial^2} \quad \delta_{виб} = 0,97$$

$$b_2 = g(f_o \pm i) + \frac{M_{TPCT}^c}{m_a \cdot r_\partial} \quad b_2 = a_1 \cdot \delta_{виб}$$

$$b_3 = \frac{K_1}{m_a \cdot r_\partial} \quad b_3 = a_2 \cdot \delta_{виб}$$

$$b_4 = g \cdot A \cdot f_o \frac{kF}{m_a} \quad b_4 = a_3 \cdot \delta_{виб}$$

$$\delta_p = 1 + \frac{l_{np}}{m_a \cdot r_\partial^2} = 1,03 + 0,05 \cdot U_K^2$$

$$a_1 = \frac{g}{\delta_p} \cdot \left( f_o \pm i + \frac{M_{TPCT}^c}{g \cdot m_a \cdot r_\partial} \right)$$

$$a_2 = \frac{K_1}{m_a \cdot \delta_p \cdot r_\partial}$$

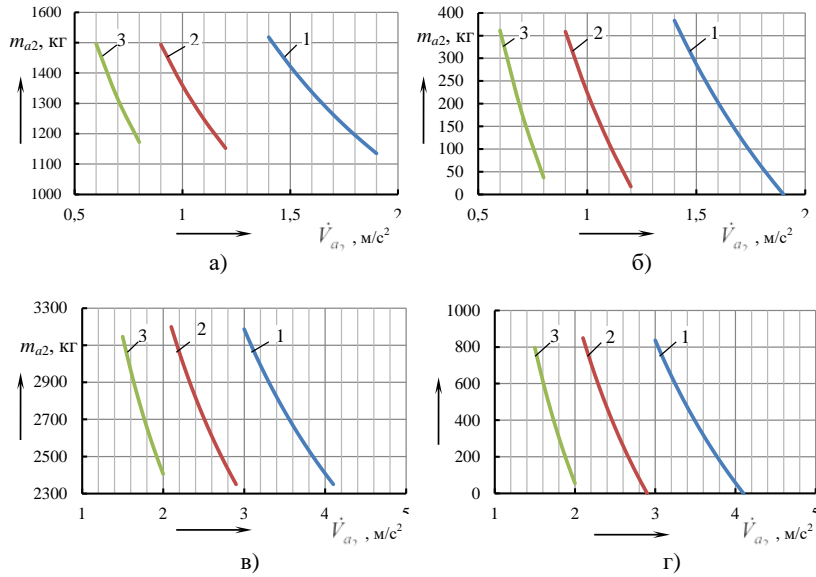
$$a_3 = \frac{kF/m_a + f_o \cdot A \cdot g}{\delta_p}$$

$$a_3 = \frac{1}{V_{a_3} - V_{a_1}} \cdot \left( \frac{\dot{V}_{a_2} - \dot{V}_{a_3}}{V_{a_3} - V_{a_2}} - \frac{\dot{V}_{a_1} - \dot{V}_{a_2}}{V_{a_2} - V_{a_1}} \right)$$

$$a_1 = \frac{\dot{V}_{a_1} - \dot{V}_{a_2}}{V_{a_2} - V_{a_1}} - \frac{V_{a_2} + V_{a_1}}{V_{a_3} - V_{a_1}} \cdot \left( \frac{\dot{V}_{a_2} - \dot{V}_{a_3}}{V_{a_3} - V_{a_2}} - \frac{\dot{V}_{a_1} - \dot{V}_{a_2}}{V_{a_2} - V_{a_1}} \right)$$

$$a_2 = \dot{V}_{a_1} + \frac{\dot{V}_{a_1} \cdot \dot{V}_{a_2}}{V_{a_3} - V_{a_1}} \cdot \left( \frac{\dot{V}_{a_2} - \dot{V}_{a_3}}{V_{a_3} - V_{a_2}} - \frac{\dot{V}_{a_1} - \dot{V}_{a_2}}{V_{a_2} - V_{a_1}} \right) - V_{a_1} \cdot \frac{\dot{V}_{a_1} - \dot{V}_{a_2}}{V_{a_2} - V_{a_1}}$$

### Діаграма визначення маси автомобіля за його прискоренням при розгоні

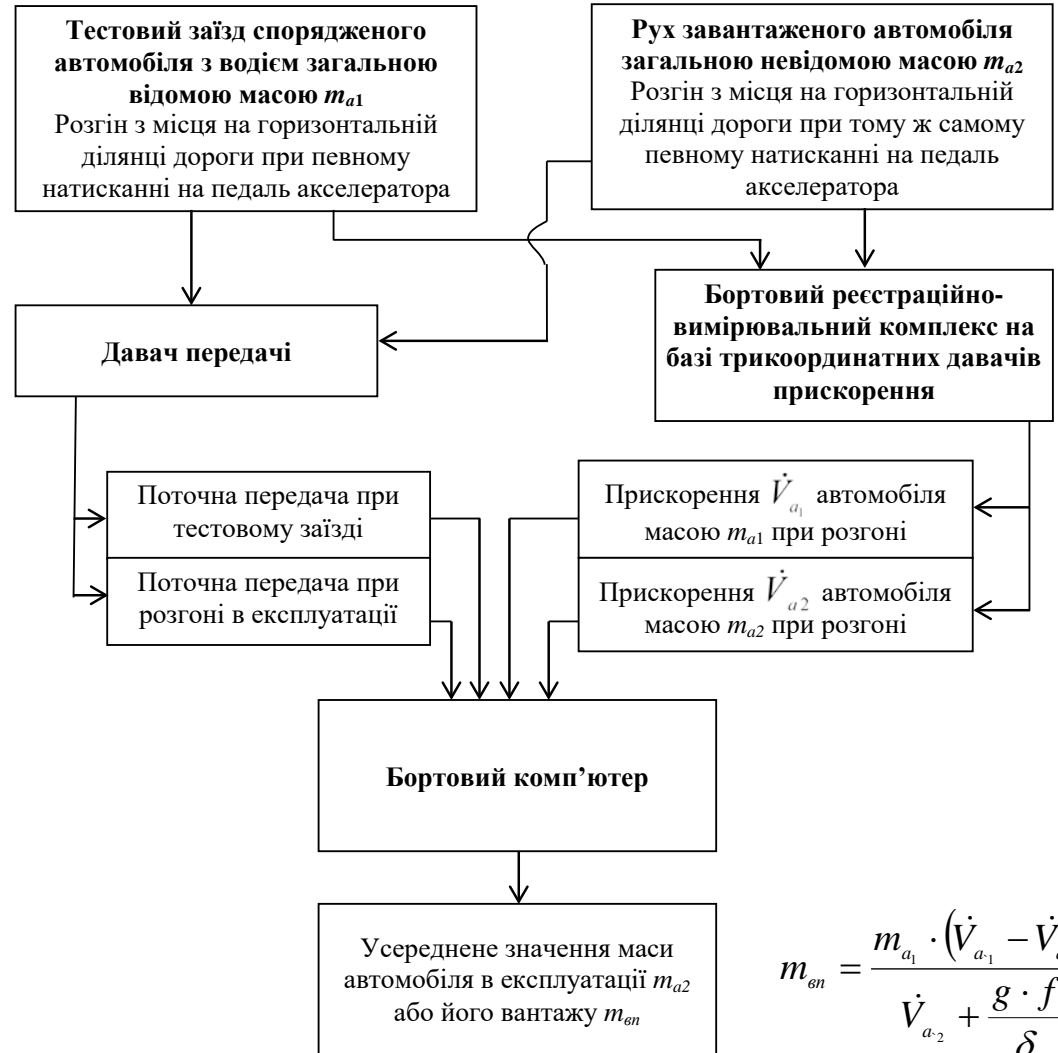


1 – розгін на 1-ій передачі (при  $V_a = 6,5$  м/с); 2 – розгін на 2-ій передачі (при  $V_a = 11$  м/с); 3 – розгін на 3-ій передачі (при  $V_a = 16,7$  м/с)

а – графіки взаємозв'язку повної маси автомобіля VAZ-2111 та прискорення при розгоні; б – графіки взаємозв'язку маси вантажу та (або) пасажирів автомобіля VAZ-2111 та прискорення при розгоні; в – графіки взаємозв'язку повної маси автомобіля Toyota Land Cruiser та прискорення при розгоні; г – графіки взаємозв'язку маси вантажу та (або) пасажирів автомобіля Toyota Land Cruiser та прискорення при розгоні

$$m_{a_2} = \frac{m_{a_1} \cdot V_{a_1} \cdot (g \cdot f + \dot{V}_{a_1} \cdot \delta) + kF \cdot V_{a_1}^3 - kF \cdot V_{a_2}^3}{g \cdot V_{a_2} \cdot f + \dot{V}_{a_2} \cdot \delta \cdot V_{a_2}}$$

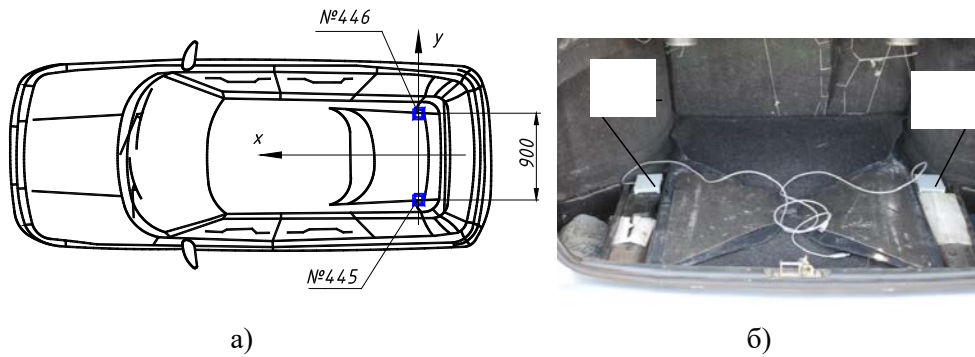
### Структурна схема методу визначення повної маси автомобіля та маси вантажу та (або) пасажирів в експлуатації



$$m_{ен} = \frac{m_{a_1} \cdot (\dot{V}_{a_1} - \dot{V}_{a_2})}{\dot{V}_{a_2} + \frac{g \cdot f}{\delta}}$$

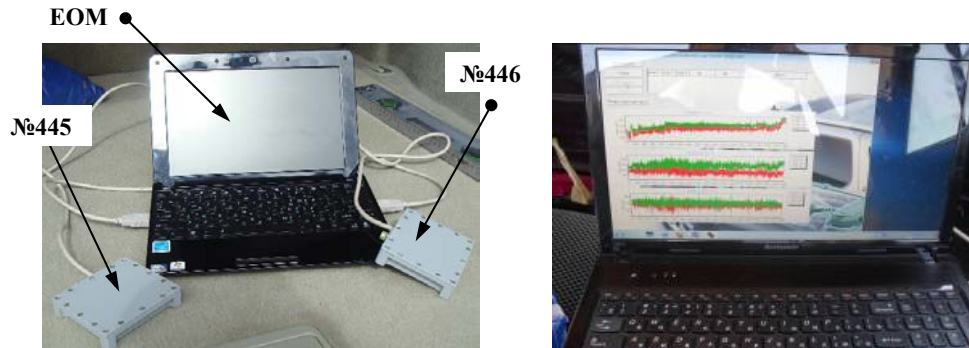
## Експериментальні дослідження методу визначення поточної ефективною потужності двигуна автомобіля в умовах експлуатації

Схема установки трикоординатних датчиків прискорення на автомобілі Богдан 2111 при проведенні експериментальних досліджень



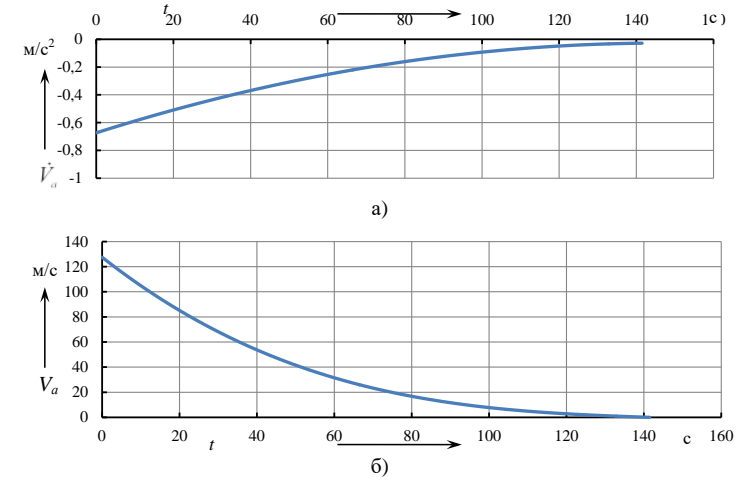
а – схема установки датчиків; б – місця кріплення датчиків

### Вимірювально-реєстраційний комплекс



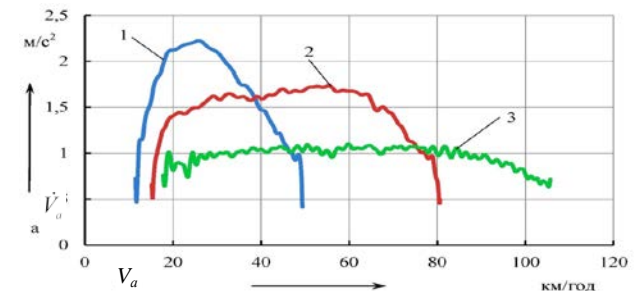
а – датчики та портативна ЕОМ; б – вікно програми реєстрації даних

Експериментальні графіки залежності швидкості та прискорення автомобіля Богдан 2111 від часу при проведенні вибігу



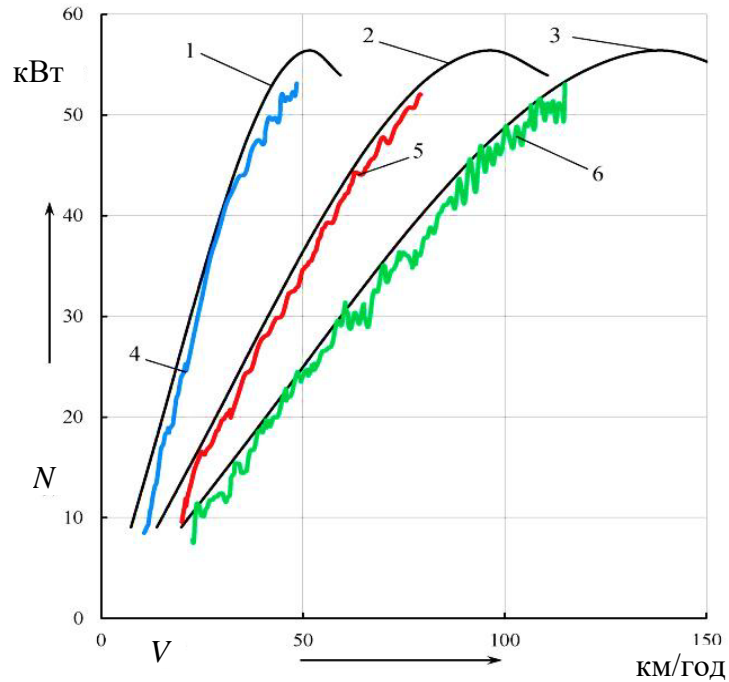
а – графік залежності прискорення від часу при вибігу;  
б – графік залежності швидкості автомобіля від часу при вибігу

Графік залежності повздовжнього прискорення від швидкості автомобіля Богдан 2111



1 – прискорення автомобіля на першій передачі; 2 – прискорення автомобіля на другій передачі; 3 – прискорення автомобіля на третій передачі

Теоретичні та експериментальні графіки залежності потужності двигуна автомобіля Богдан 2111 від лінійної швидкості



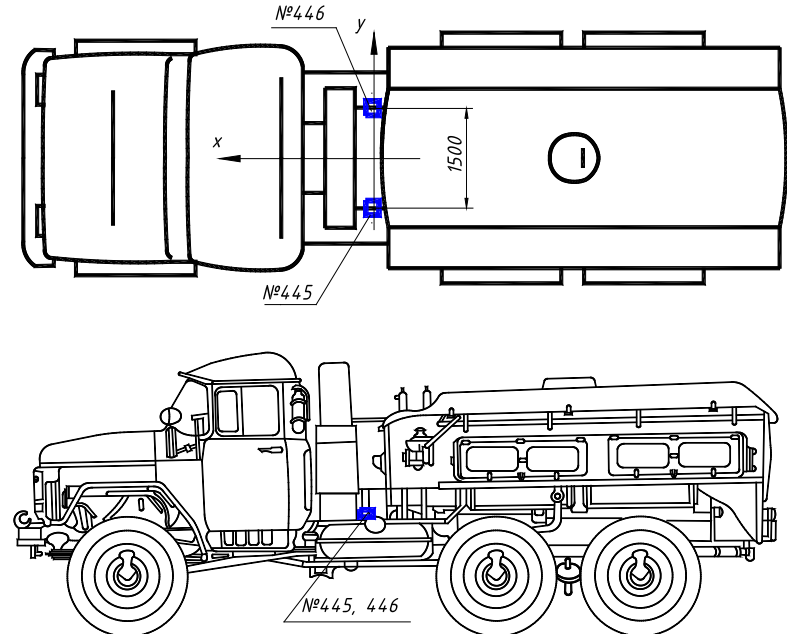
1, 2, 3 – теоретичні криві потужності двигуна автомобіля відповідно на першій, другій та третій передачах;

4, 5, 6 – експериментальні криві потужності двигуна автомобіля відповідно на першій, другій та третій передачах

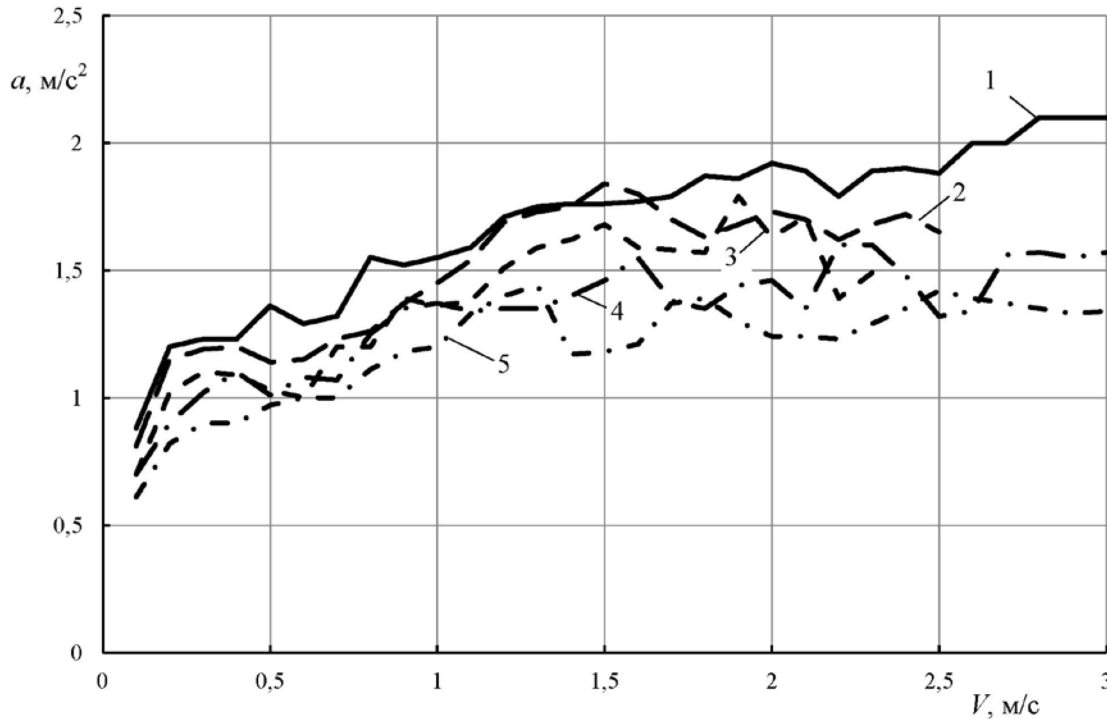
Результати розрахунку абсолютної та відносної похибок визначення ефективної потужності автомобіля

Назва параметрів	Розгін на першій передачі	Розгін на другій передачі	Розгін на третій передачі
Максимальна абсолютна похибка визначення потужності автомобіля при розгоні $\Delta N_e$ , Вт	4,3	2,1	3,2
Максимальна відносна похибка визначення потужності автомобіля при розгоні $\delta N_e$ , %	10,75	7,0	7,4

Схема установки трикоординатних давачів прискорення на автоцистерні АРС-14 на базі автомобіля Зил-131 при проведенні експериментальних досліджень



Зміна прискорення автоцистерни APC-14 при розгоні в залежності від швидкості при різному заповненні цистерни



1 – при порожній цистерні; 2 – при заповненні цистерни на 25 %;

3 – при заповненні цистерни на 50 %; 4 – при заповненні цистерни на 75 %;

5 – при заповненні цистерни на 100 %

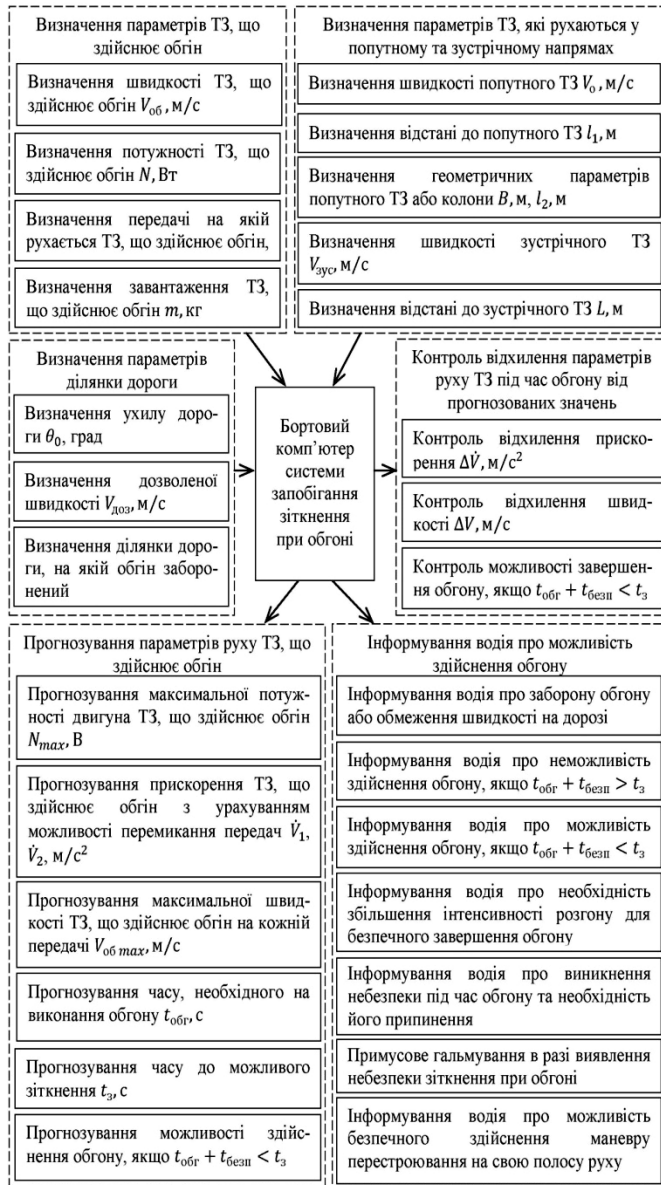
Результати експериментального визначення середніх значень маси автоцистерни, абсолютної і відносної похибок

Назва параметрів	Автомобіль в спорядженому стані	Автомобіль із заповненою цистерною на 25 %	Автомобіль із заповненою цистерною на 50 %	Автомобіль із заповненою цистерною на 75 %	Автомобіль із заповненою цистерною на 100 %
Середнє експериментальне значення маси, яке визначається при розгоні автомобіля $m_{a2}$ , кг	–	7771,78	8334,43	8989,19	9903,70
Фактичне значення маси автомобіля $m_a$ , кг	7210	7835	8460	9085	9710
Абсолютна похибка визначення маси автомобіля при розгоні $\Delta m_a$ , кг	–	63,22	125,57	95,81	193,70
Відносна похибка визначення маси автомобіля при розгоні $\delta_a$ , %	–	0,81	1,51	1,07	1,96

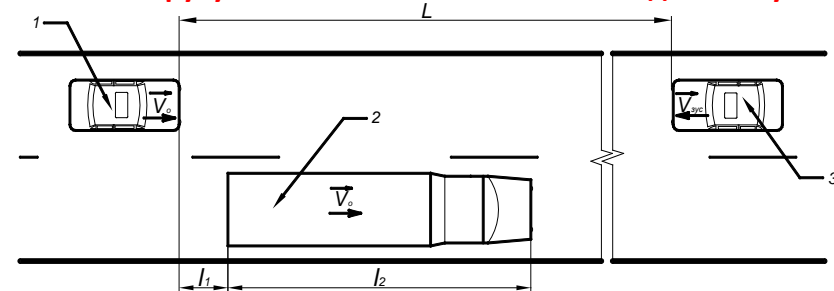
Результати експериментального визначення середніх значень маси вантажу автоцистерни, абсолютної і відносної похибок

Назва параметрів	Автомобіль в спорядженому стані	Автомобіль із заповненою цистерною на 25 %	Автомобіль із заповненою цистерною на 50 %	Автомобіль із заповненою цистерною на 75 %	Автомобіль із заповненою цистерною на 100 %
Середнє експериментальне значення маси вантажу, яке визначається при розгоні автомобіля $m_{вп}$ , кг	–	561,78	1124,43	1779,19	2693,70
Фактичне значення маси вантажу $m_{вп \phi}$ , кг	0	625	1250	1875	2500
Абсолютна похибка визначення маси вантажу при розгоні автомобіля $\Delta m_{вп}$ , кг	–	63,22	125,57	95,81	193,70
Відносна похибка визначення маси вантажу автомобіля при розгоні $\delta_{вп}$ , %	–	11,25	11,17	5,39	7,19

**Структурна схема роботи системи запобігання зіткнення автомобілів при виконанні маневру обгону**



**Схема руху автомобілів на початковій стадії обгону**



**Структурна схема роботи системи запобігання зіткнення автомобілів при русі ТЗ назустріч автомобілю, що здійснює обгін**

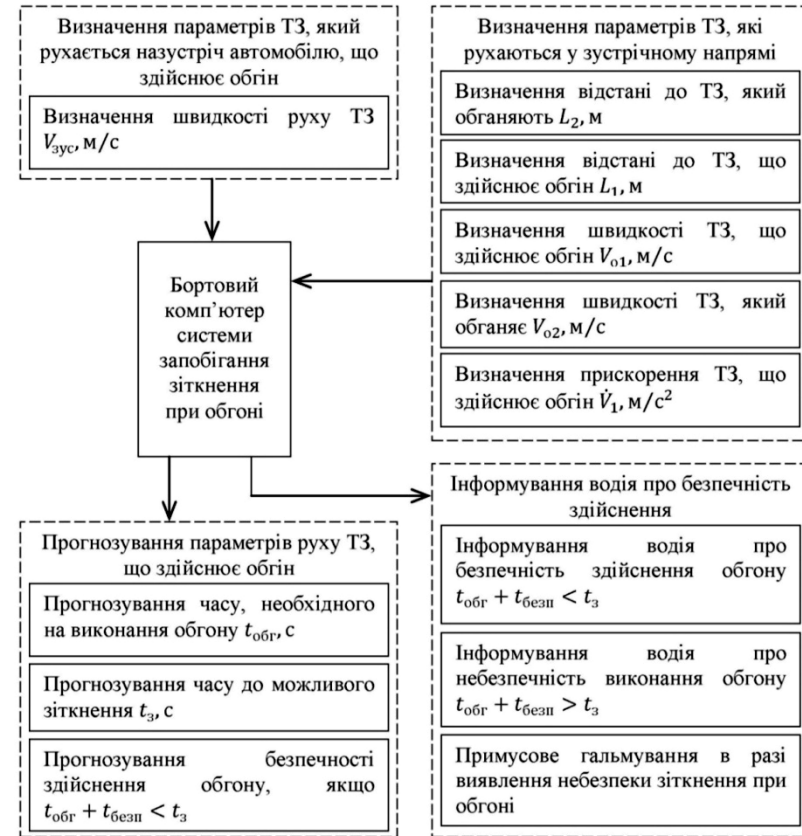
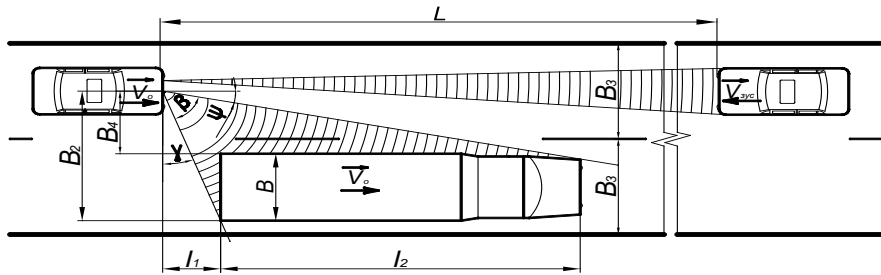
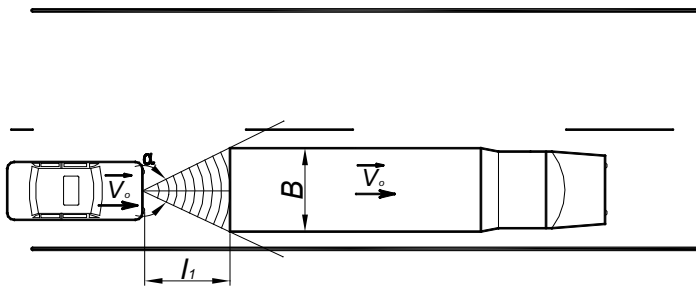


Схема визначення радаром довжини ТЗ, який рухається у попутному напрямку, відстані до зустрічного автомобіля та його швидкості



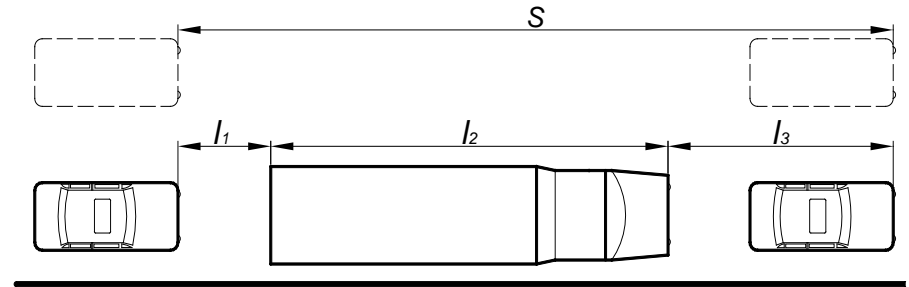
$$l_2 = \frac{B_2 - B - l_1 \cdot \operatorname{tg} \psi}{\operatorname{tg} \psi}$$

Схема визначення радаром ширини попутного транспортного засобу



$$B = 2 \cdot l_1 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

Схема розміщення автомобілів при виконанні маневру обгону



$$S_{\text{відн}} = \int_0^{t_{\text{обз}}} V_{\text{відн}} \cdot dt = l_1 + l_2 + l_3 = S_{\text{відн}_1} + S_{\text{відн}_2}$$

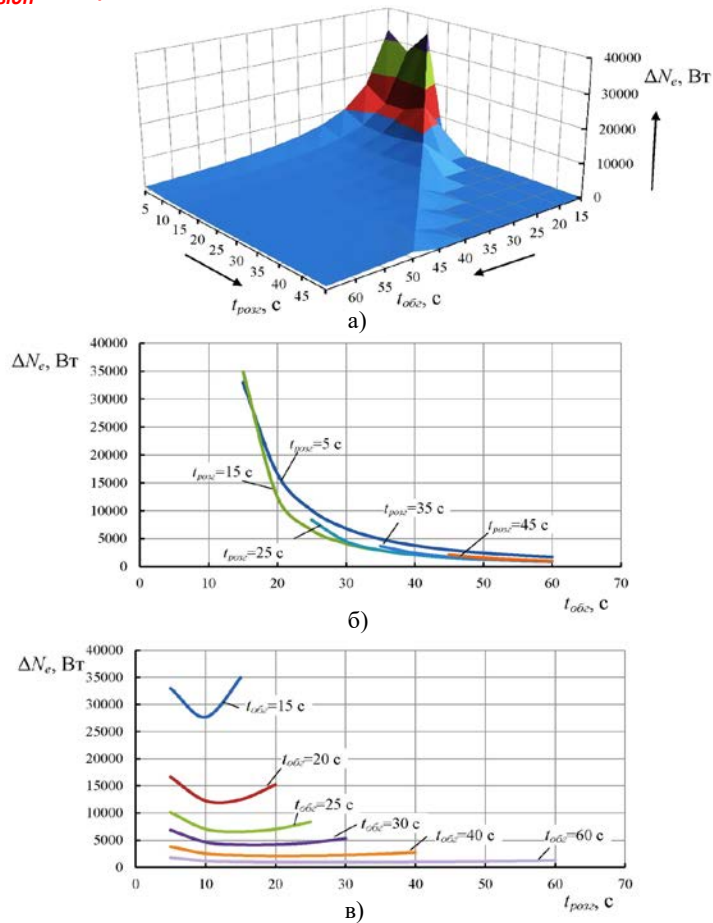
$$\dot{V}_{\text{відн}} = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{t_{\text{розг}} \cdot \left( t_{\text{обз}} - \frac{t_{\text{розг}}}{2} \right)} \quad V_{\text{відн}} = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{t_{\text{обз}} - \frac{t_{\text{розг}}}{2}}$$

$$P_K = m_a \cdot g \cdot f + kF \cdot V_a^2 + m_a \cdot \dot{V}_a$$

Запас потужності двигуна, необхідної для створення потрібного прискорення автомобіля при виконанні маневру обгону

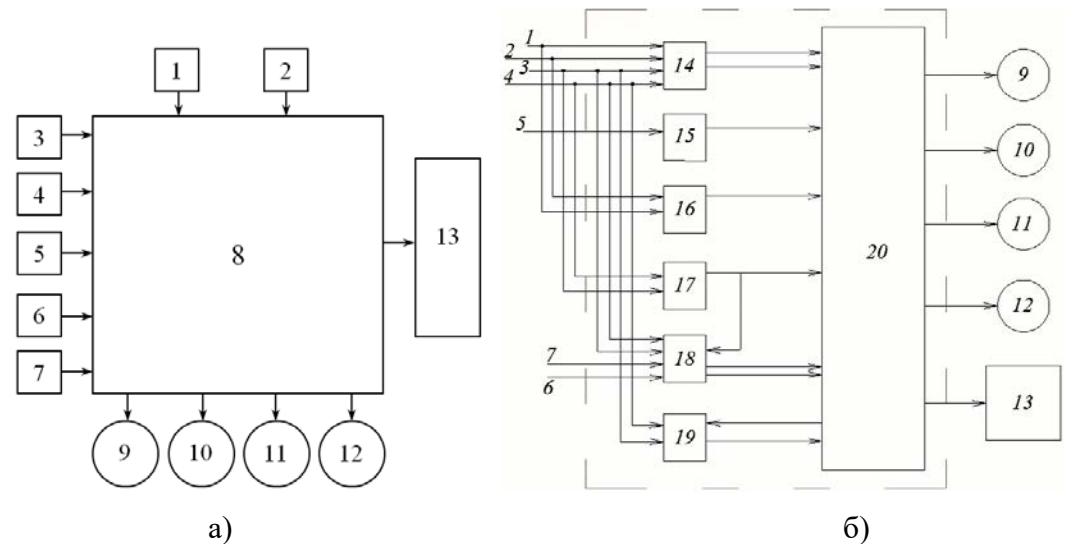
$$\Delta N_e = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{\eta_{\text{мп}}^{\text{заг}} \cdot \left( t_{\text{обз}} - \frac{t_{\text{розг}}}{2} \right)} \left\{ m_a \cdot g \cdot f + kF \cdot \left[ 3V_o^2 + 3V_o \frac{l_1 + l_2 + l_3}{t_{\text{обз}} - \frac{t_{\text{розг}}}{2}} + \left( \frac{l_1 + l_2 + l_3}{t_{\text{обз}} - \frac{t_{\text{розг}}}{2}} \right)^2 \right] + m_a \cdot \frac{l_1 + l_2 + l_3}{t_{\text{розг}} \cdot \left( t_{\text{обз}} - \frac{t_{\text{розг}}}{2} \right)} \cdot \left( V_o + \frac{l_1 + l_2 + l_3}{t_{\text{обз}} - \frac{t_{\text{розг}}}{2}} \right) \right\}$$

Графіки залежності необхідного запасу потужності двигуна  $\Delta N_e$  автомобіля Богдан 2111 від часу розгону  $t_{розг}$  та часу обгону  $t_{обг}$  при  $V_0 = 16,667$  м/с,  $m_a = 1135$  кг,  $S_{відн} = 31,5$  м



а – графік залежності необхідного запасу потужності двигуна автомобіля від часу розгону та часу обгону; б – графіки залежності необхідного запасу потужності двигуна автомобіля від часу обгону при різних значеннях часу розгону; в – графіки залежності необхідного запасу потужності двигуна автомобіля від часу розгону при різних значеннях часу обгону

Структурні схеми елементів бортової системи запобігання зіткненню автомобілів при обгоні



1, 2 – радары; 3 – відеокамера розпізнавання дорожніх знаків; 4, 5 – два трикоординатних давача прискорення; 6 – давач повздовжнього уклону дороги; 7 – давач визначення передач; 8 – обчислювач; 9, 10, 11, 12 – світлові та звукові сигналізатори відповідно заборони здійснення обгону, можливості здійснення обгону, необхідності збільшення інтенсивності розгону при обгоні, можливості безпечного здійснення маневру перестроювання на свою полосу; 13 – блок керування гальмуванням; 14 – блок визначення швидкості зближення з ТЗ; 15 – блок розпізнавання дорожніх знаків; 16 – блок визначення геометричних параметрів ТЗ; 17 – блок визначення потужності двигуна; 18 – блок визначення завантаження ТЗ, визначення максимальної потужності двигуна при поточному технічному стані ТЗ та якості палива, визначення можливого прискорення та швидкості з урахуванням перемикаання передач; 19 – блок контролю відхилення поточного прискорення та швидкості ТЗ від прогнозованих значень; 20 – блок логіки

а – пристрій запобігання зіткненню при обгоні;

б – обчислювач пристрою запобігання зіткнення при обгоні



## ВИСНОВКИ

Динамічні характеристики автомобіля залежать від потужності, що реалізується двигуном, і маси автомобіля. Дані параметри постійно змінюються в процесі експлуатації.

1. Проведений аналіз літературних джерел встановив, що існуючі методи визначення ефективної потужності двигуна та повної маси автомобіля у дорожніх умовах потребують удосконалення для подальшого їх використання в роботі бортових систем управління автомобілем. Також встановлено, що в існуючих системах запобігання зіткненню автомобілів не враховано цілий ряд параметрів, суттєво знижує достовірність оцінювання безпеки виконання маневру обгону.

2. Запропонований розрахунково-експериментальний метод визначення у дорожніх умовах ефективної потужності двигуна з урахуванням сил опору руху, швидкості та прискорення автомобіля дозволяє у режимі реального часу визначати роботу, яку виконує автомобіль за певний період експлуатації, що дозволяє підвищити точність оцінювання напрацювання транспортних засобів. Також з'являється можливість використання цього параметра в роботі бортових систем автомобіля.

3. Запропонований з використанням датчиків прискорення метод дозволяє з підвищеною точністю (за рахунок великої кількості розрахункових точок) та в початковий період руху (при першому розгоні на 1-й передачі після зміни завантаження автомобіля) визначати повну масу автомобіля в дорожніх умовах. Це дозволяє зменшити похибку в розрахунках при роботі бортових систем безпеки автомобіля за рахунок урахування відношення між повною та спорядженою його масами, яке для легкових автомобілів перевищує 1,4 раза.

4. Використання бортового вимірювального комплексу на основі двох трикоординатних датчиків прискорення та комп'ютера в якості штатного обладнання автомобілів дозволяє визначати його повну масу та ефективну потужність двигуна безпосередньо в процесі експлуатації, з подальшим використанням цих параметрів у роботі бортових систем безпеки. Отримані в ході дорожніх експериментальних досліджень автомобіля Богдан 2111 дані із застосуванням запропонованого методу визначення ефективної потужності двигуна при розгоні на першій, другій та третій передачах відповідають фактичним значенням з максимальною відносною похибкою від 7,0 до 10,75 %. Отримані результати в ході дорожніх експериментальних досліджень автоцистерни АРС-14 на базі автомобіля Зил-131 із застосуванням запропонованого методу визначення повної маси автомобіля при різному ступені заповнення цистерни водою відповідають фактичним значенням з максимальною відносною похибкою від 1,07 до 1,96 % (залежно від ступеня заповнення цистерни).

5. Контроль зміни запропонованого коефіцієнта врахування технічного стану автомобіля та показників якості пального  $K_{ТП}$  дозволить визначити погіршення технічного стану та (або) погіршення якості пального (при  $K_{ТП} < 1$ ) і врахувати це при прогнозуванні можливого прискорення автомобіля при виконанні маневру обгону бортовою системою запобігання зіткнення.

7. Запропонована система запобігання зіткненню автомобілів при виконанні маневру обгону має збільшену достовірність оцінювання безпеки обгону ТЗ за рахунок урахування поточної потужності двигуна, передачі, технічного стану та завантаження автомобіля, що здійснює обгін, якості пального, ухилу дорожнього полотна. Використання запропонованої системи дозволяє збільшити безпеку під час виконання обгону та під час руху назустріч автомобілю, що здійснює обгін. Запас потужності двигуна, необхідної для створення потрібного прискорення автомобіля при виконанні маневру обгону, залежить від часу його розгону  $t_{розг}$  та часу обгону  $t_{обг}$ , швидкості потоку  $V_0$ , відносного зміщення  $S_{відн}$  та від маси автомобіля  $m_a$ . Для автомобіля Богдан 2111 необхідний запас потужності для безпечного виконання маневру обгону склав  $\Delta N_e = 12$  кВт при часі розгону  $t_{розг} = 15$  с, часу обгону  $t_{обг} = 20$  с, швидкості потоку  $V_0 = 16,667$  м/с, масі автомобіля  $m_a = 1135$  кг, відносного зміщення  $S_{відн} = 31,5$  м.