

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

ПОКРАЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ РУХУ  
АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ВІЙСЬКОВОЇ ЧАСТИНИ 3066  
НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ М. КИЇВ

Графічна частина

до магістерської кваліфікаційної роботи  
зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт  
08-29.МКР.012.00.000

Керівник роботи к.т.н., доцент

Кашканов А.А.

Розробив студент гр. 1АТ-16м

Назарук Я.В.

Вінниця ВНТУ 2018

**Метою дослідження** є покращення експлуатаційної надійності та безпеки руху автотранспортних засобів військової частини 3066 Національної гвардії України м. Київ.

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

- обґрунтувати перспективні методи визначення технічного стану вузлів і систем АТЗ на основі показників експлуатаційної надійності;
- оцінити надійність АТЗ з використанням розміченого графа стану;
- сформулювати експлуатаційні та ремонтні заходи підвищення надійності АТЗ;
- оцінити ступінь забезпечення безпеки руху АТЗ на основі підтримки необхідного рівня їх гальмівної ефективності;
- виконати розрахунок соціально-економічної ефективності розробок.

**Об'єкт дослідження** – процеси забезпечення надійності АТЗ та їх вплив на безпеку руху в системі «водій–автомобіль–дорога–середовище».

**Предмет дослідження** – показники експлуатаційної надійності та безпеки руху АТЗ.

### **Наукова новизна отриманих результатів**

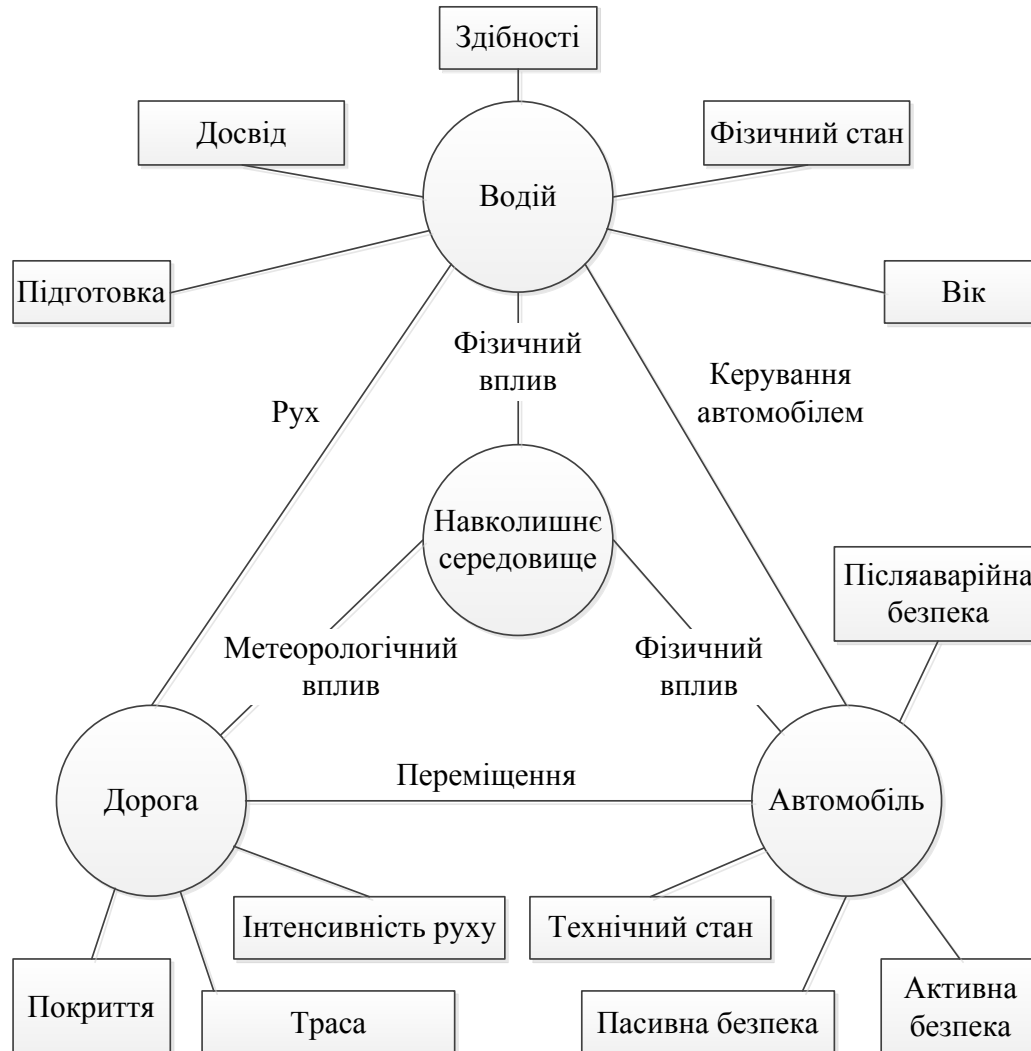
- отримав подальший розвиток метод оцінки технічного стану вузлів, систем та агрегатів АТЗ з використанням розміченого графа стану;
- отримали подальший розвиток методи оцінювання впливу несправностей на гальмівні властивості автомобілів.

### **Практична значимість отриманих результатів**

Математична модель дозволяє визначати технічний стан елементів АТЗ. Результати наукового дослідження можуть використовуватися на підприємствах автомобільного транспорту для формування експлуатаційних та ремонтних заходів покращення експлуатаційної надійності та безпеки руху рухомого складу.

## Фактори забезпечення безпеки руху в системі «водій–автомобіль–дорога–середовище»

Структурна схема системи ВАДС



Рух автомобіля по дорозі чи будь-якій іншій місцевості можна розглядати як функціонування системи «водій–автомобіль–дорога–середовище», яку звичайно позначають аббревіатурою ВАДС

Ціллю системи ВАДС є перевезення пасажирів і вантажів, при цьому відбуваються процеси руху, керування, технічного обслуговування, ремонту тощо

Порушення в роботі кожного з компонентів системи ВАДС призводить до зниження її ефективності (зменшення швидкості руху, немотивованих зупинок, збільшення витрати палива) або до аварії (ДТП).

## Напрямки досліджень в системі ВАДС

- 1. Основні положення і основи теорії механічної системи «автомобіль - дорога»** розроблені в працях таких відомих вчених, як Е.А. Чудаков, М.А. Бухарін, В.С. Гернер, М.В. Келдиш, Д.П. Великанов, Л.Л. Афанасьєв, В.І. Іларіонов, А.С. Литвинов, Я.М. Певзнер, Г.В. Зімелев, В.В. Осепчугов, Б.С. Фалькевич, Я.Е. Фаробін, А.Б. Гредескул, Г.В. Косолапов і ін.
- У працях провідних вчених А.А. Хачатурова, В.Н. Іванова, Р.В. Ротенберга, А.Б. Дьякова, М.Я. Говорущенко, Я.Х. Закина, М.І. Лур'є та інших розроблені **наукові основи безпеки руху біомеханічної системи «водій - автомобіль»**
- 3. Детальне дослідження правил безпеки в експлуатації біомеханічної системи «водій - дорога»** проведено в працях В.В. Амбарцумяна, Я.А. Калужького, Г.І. Клинковштейна, В.В. Сильянова, А.П. Васильєва, А.М. Редзюка, В.А. Тинькова, В.В. Каракай, А.Д. Дербаремдікера і ін.
- 4. Вдосконаленню активної і пасивної безпеки транспортних систем, методів діагностики їх технічного стану** присвячені роботи таких вчених як М.Я. Говорущенко, А.М. Туренко, М.А. Подригало, В.П. Волков, В.О. Богомоллов, Г.В. Крамаренко, Б.І. Безбородов, А.Ф. Мащенко А.А. Малюков, Ю.Б. Суворов, В.П. Сахно, А.П. Кравченко, А. Філімонова та ін.
- 5. Значні дослідження психофізіологічних особливостей діяльності водіїв і методів підготовки водіїв** проведені Е.М. Лобановим, Е.А. Мілеряном, А.І. Вейсманом, І. В. Бегмою і ін.
- 6. Дослідженням впливу дорожніх умов на виникнення ДТП** глибоко і всебічно займалася школа професора В.Ф. Бабкова. Великий внесок внесли також Я.В. Хом'як, А.А. Поляков, А.П. Васильєв та ін.
- 7. Комплексному вивченню проблеми безпеки дорожнього руху (БДР)** присвячені роботи ряду зарубіжних дослідників – Фарлайнда Р.А., Будя Дж. Р., Грінвила Б., Сівішіна А., Ньюеля Н.А. та ін.

## Показники експлуатаційної надійності автотранспортних засобів

Основною характеристикою системи ВАДС є її надійність. Взагалі надійність об'єкта – властивість виконувати задані функції, зберігаючи у часі значення встановлених експлуатаційних показників в заданих межах, що відповідають заданим режимам і умовам використання, технічного обслуговування, ремонту. Надійність – складна властивість, що складається з більш простих (безвідмовності, ремонтпридатності, довговічності, збереженості).

### Основні показники надійності

Група надійності	Тип блока (системи)	
	не відновлюваний	відновлюваний
Показники безвідмовності	$p(t), q(t), \lambda(t), T_{cp}$	$p(t), q(t), \omega(t), t_{cp},$ $K_g, K_{tv}$
Показники довговічності	$T_\gamma$	$T_\gamma, T_p, T_c$
Показники ремонтпридатності	–	$t_v, S_{TO.num}, S_{PP.num},$ $K_g, K_{tv}$
Показники збереженості	$t_{zber}$	$t_{zber}$

При визначенні показників експлуатаційної надійності необхідно враховувати велику ступінь невизначеності умов функціонування АТЗ, складність їх структури, велику кількість різних факторів і явищ, які не можуть бути враховані достовірно розрахунковим шляхом. Найбільш раціональним виходом з такої ситуації є використання методології системного аналізу, в основі якого лежить комплексне стохастичне моделювання.

## Вплив експлуатаційної надійності АТЗ на безпеку руху

### Розподіл кількості ДТП за видами технічних несправностей транспортних засобів

Несправність	Кількість ДТП, %
Робочої гальмової системи	31,8
Гальмової системи причепа	4,3
Рульового управління	13,6
Зовнішніх світлових приладів	20,2
Знос рисунка протектора	14,3
Від'єднання колеса	4,0
Невідповідність шин моделі ТЗ	1,6
Зчіпного пристрою	1,5
Інші	20,7

### Напрямки забезпечення безпеки руху

- удосконалення органів управління у сфері БДР;
- удосконалення конструкції транспортних засобів, засобів технологічного зв'язку, поліпшення стану доріг, вулиць і залізничних переїздів;
- удосконалення профілактичної та освітньої діяльності у сфері безпеки дорожнього руху;
- медичне забезпечення безпеки дорожнього руху та удосконалення системи збереження життя і здоров'я потерпілих у ДТП;
- забезпечення розроблення, виробництва, проведення науково-дослідних випробувань і впровадження технічних засобів та апаратури автоматизованих систем гнучкого керування дорожнім рухом, контролю швидкісних режимів та екологічного стану довкілля;
- інформаційне, науково-технічне і нормативно-правове забезпечення безпеки дорожнього руху та екологічної безпеки транспортних засобів.

## Загальна схема розрахунку АТЗ на надійність

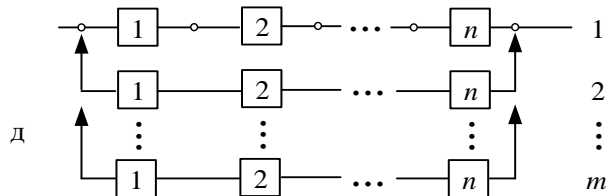
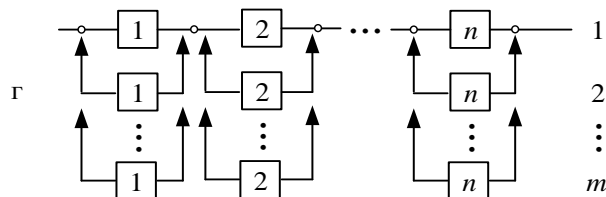
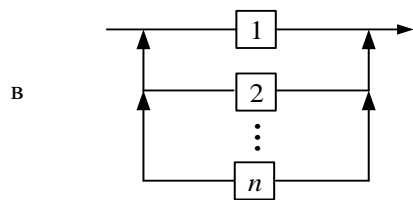
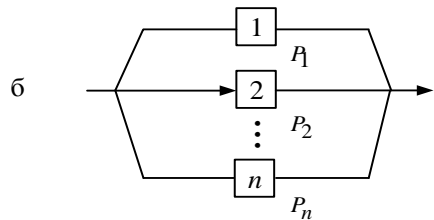
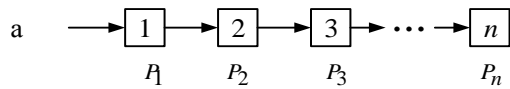


Вихідні дані для розрахунку – це дані по конструкції елементів об'єктів, характеристиці сил, застосовуваним матеріалам, режимам роботи, умовам експлуатації й ремонту, а також по інших параметрах, що визначає працездатність автомобільної техніки.



## Резервування та граничні стани елементів АТЗ

### Схеми різних видів з'єднань елементів складних систем (АТЗ)



а - послідовне;

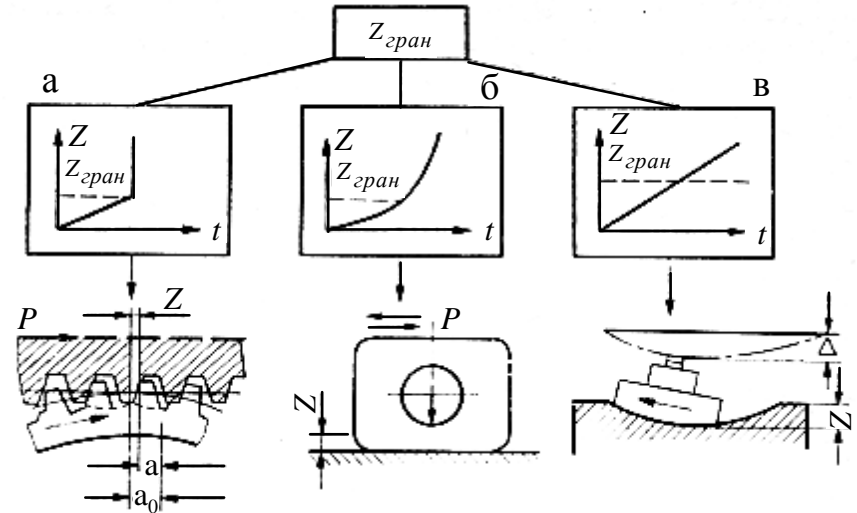
б - паралельне з навантаженням або полегшеним резервом;

в - резервування заміщенням ненавантаженим резервом;

г - роздільне резервування;

д - загальне резервування

### Критерії граничного зносу АТЗ та його елементів

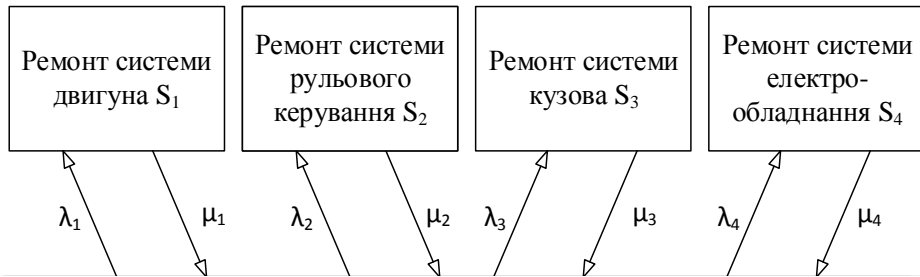


а) в результаті зношування машина не може більше функціонувати, тобто стає непридатною

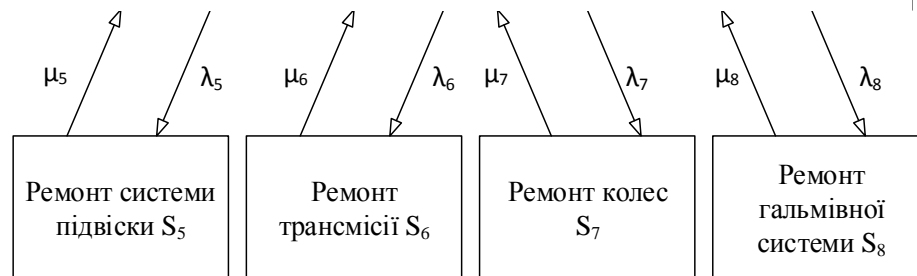
б) зношування приводить до влучення в зону інтенсивного виходу з ладу АТЗ та його деталей

в) у результаті зношування характеристики АТЗ виходять за припустимі або рекомендовані межі (знижується точність роботи, падає продуктивність і коефіцієнт корисної дії, зменшується коефіцієнт подачі тощо)

## Граф стану автомобіля з врахуванням відмов функціонування його елементів



Справний стан АТЗ  $S_0$



Вірогідність знаходження автомобіля в кожному із вище вказаних станів позначимо відповідно  $P_0, P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8$ .

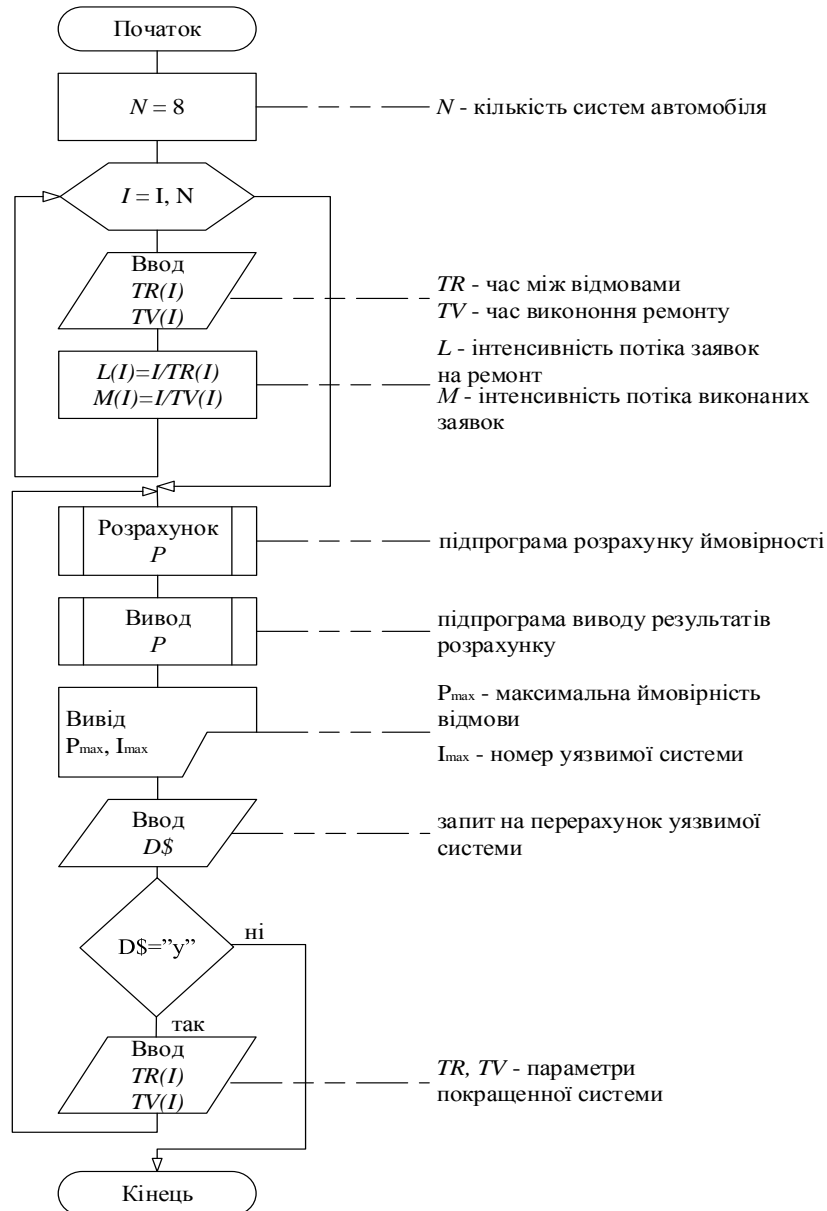
Стан автомобіля встановлюється сукупністю рівнянь фінальних ймовірностей

$$\begin{cases} P_0 * (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 + \lambda_8) = P_1 * \mu_1 + P_2 * \mu_2 + \\ + P_3 * \mu_3 + P_4 * \mu_4 + P_5 * \mu_5 + P_6 * \mu_6 + P_7 * \mu_7 + P_8 * \mu_8; \\ P_1 * \mu_1 = P_0 * \lambda_1. \\ \dots \\ P_8 * \mu_8 = P_0 * \lambda_8; \end{cases}$$

Система має рішення за допомогою умов нормування: сума всіх ймовірностей дорівнює одиниці. В рівняннях інтенсивність  $\lambda$  характеризує вхідний потік – потік відмов (середнє число заявок на ремонт, поступивших у одиницю часу), інтенсивність  $\mu$  – вихідний потік – потік відновлення (середнє число заявок на ремонт, виконаних у одиницю часу). При цьому:

$$\begin{cases} P_0 = (1 + \lambda_1/\mu_1 + \lambda_2/\mu_2 + \lambda_3/\mu_3 + \lambda_4/\mu_4 \\ + \lambda_5/\mu_5 + \lambda_6/\mu_6 + \lambda_7/\mu_7 + \lambda_8/\mu_8)^{-1}; \\ P_1 = P_0 * \lambda_1/\mu_1; \\ \dots \\ P_8 * \mu_8 = P_0 * \lambda_8/\mu_8. \end{cases}$$

## Блок-схема алгоритму розрахунку ймовірності стану автомобіля з врахуванням відмов його системи та приклад результатів розрахунку



Розрахунок ймовірності стану автомобіля з врахуванням відмов функціонування його систем.

Реєстраційні дані.

Модель автомобіля: ГАЗ-3309

Дата розрахунку: 03.01.2018 р.

Вихідні дані по системам автомобіля:

N	Система автомобіля	TR	TV
1	система двигуна:	42.900	2.600
2	система рульового керування:	31.500	1.300
3	система кузова:	64.800	4.300
4	система електрообладнання:	14.300	0.400
5	система підвіски:	26.300	1.100
6	трансмісія:	21.800	1.600
7	колеса:	46.400	0.700
8	гальмівна система:	23.900	0.600

Результати розрахунків.

Ймовірність робочого стану автомобіля:  $P(0) = 0.740$

Ймовірність відмов:

1 . система двигуна:	$P(1) = 0.045$
2 . система рульового керування:	$P(2) = 0.031$
3 . система кузова:	$P(3) = 0.049$
4 . система електрообладнання:	$P(4) = 0.021$
5 . система підвіски:	$P(5) = 0.031$
6 . трансмісія:	$P(6) = 0.054$
7 . колеса:	$P(7) = 0.011$
8 . гальмівна система:	$P(8) = 0.019$

Перерахунок уразливої системи.

Трансмісія:  $TR(6) = 29.500$ ,  $TV(6) = 0.600$

Результатів розрахунків.

Ймовірність справного стану автомобіля:  $P(0) = 0.770$

Ймовірність відмов:

1 . система двигуна:	$P(1) = 0.047$
2 . система рульового керування:	$P(2) = 0.032$
3 . система кузова:	$P(3) = 0.051$
4 . система електрообладнання:	$P(4) = 0.022$
5 . система підвіски:	$P(5) = 0.032$
6 . трансмісія:	$P(6) = 0.016$
7 . колеса:	$P(7) = 0.012$
8 . гальмівна система:	$P(8) = 0.019$

## Забезпечення безпеки руху автотранспортних засобів на основі підтримки необхідного рівня гальмівної ефективності

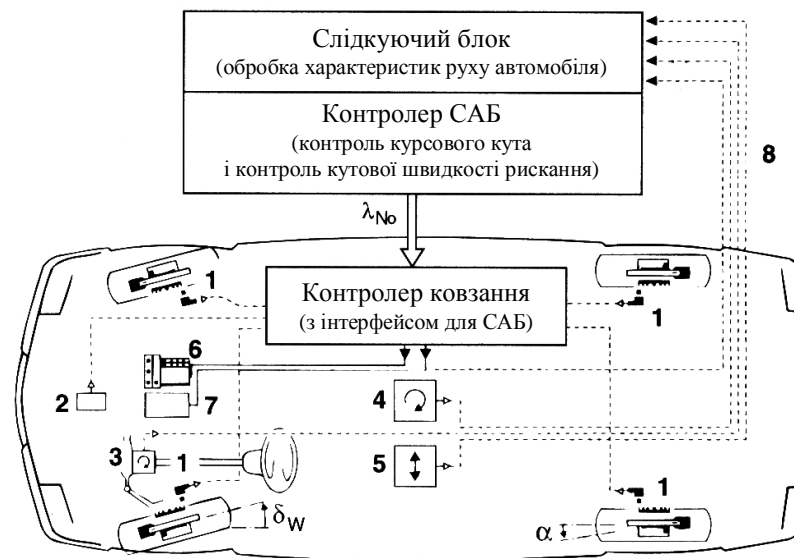
На сучасних автомобілях для підвищення безпеки руху встановлюють кілька гальмових систем, що за призначенням поділяються на: робочу; запасну; стоянкову; допоміжну.

До систем активної безпеки (САБ), які підвищують гальмівну ефективність автомобіля належать: антиблокувальна система гальм, система розподілу гальмівних зусиль та система екстреного гальмування.

### Блок-схема контролера системи САБ



### Узагальнена система управління САБ



САБ автомобіля є системою із зворотним зв'язком, який дозволяє зберегти курсову стійкість під час руху автомобіля. Вона об'єднана з гальмівною системою і силовою передачею. САБ попереджує «випередження» або «запізнювання» повороту автомобіля під час керування ним.

## Результати дослідження процесів руху транспортних засобів при гальмуванні

### Основні несправності гальм ГАЗ-3309

1. Збільшений хід гальмівної педалі (150-200 мм)
2. Гальмівні механізми не розгальмовуються
3. Не розгальмовується один гальмівний механізм
4. При гальмуванні автомобіль веде убік
5. Велике зусилля на педалі через несправність гідровакуумного підсилювача або його системи

Оцінка траєкторії руху автомобіля ГАЗ-3309 при гальмуванні з несправною гальмовою системою для найнебезпечного варіанту – нерівномірний розподіл гальмових сил по бортам автомобіля.



Несправність	Усталене сповільнення, м/с <sup>2</sup>	Коефіцієнт втрати ефективності	Гальмовий шлях, м	Коефіцієнт втрати ефективності
1	2	3	4	5
–	6,86	1	16,193	1
Не гальмує одне переднє колесо	5,408	0,788	18,601	1,149
Не гальмує одне заднє колесо	4,826	0,703	19,974	1,233
Гальмує тільки одне переднє колесо	1,032	0,150	66,853	4,129
Гальмує тільки одне заднє колесо	2,278	0,332	34,236	2,114
Гальмують тільки передні колеса	2,310	0,337	33,862	2,091
Гальмують тільки задні колеса	4,189	0,611	21,913	1,353
Гальмують колеса тільки однієї сторони	3,430	0,500	25,163	1,554

## Основні наукові і практичні результати, викладені в роботі

В результаті виконаних досліджень з покращення експлуатаційної надійності та безпеки руху автотранспортних засобів військової частини 3066 Національної гвардії України м. Київ вирішені такі завдання:

- обґрунтовано перспективні методи визначення технічного стану вузлів і систем АТЗ на основі показників експлуатаційної надійності;
- проведено оцінку надійності АТЗ з використанням розміченого графа стану;
- сформульовані експлуатаційні та ремонтні заходи підвищення надійності АТЗ;
- виконано оцінку ступеня забезпечення безпеки руху АТЗ на основі підтримки необхідного рівня їх гальмівної ефективності;
- розраховано соціально-економічну ефективність розробок.

В процесі розв'язання поставлених завдань отримали подальший розвиток метод оцінки технічного стану вузлів, систем та агрегатів АТЗ з використанням розміченого графа стану та методи оцінювання впливу несправностей на гальмівні властивості автомобілів.

Відомо, що у автомобілів, що знаходяться в експлуатації, можуть істотно знижуватися властивості через порушення регулювань і зміни структурних параметрів систем, агрегатів і вузлів. Несправності виникають практично у всіх основних елементах. Наведена методологія розкриває структуру зміни технічного стану АТЗ в процесі експлуатації і встановлює порядок керування відновленням їх експлуатаційної надійності.

В результаті виконаних в 3 розділі досліджень встановлено, що процес гальмування є основним засобом попередження аварійних ситуацій. Виконаний аналіз методів оцінювання гальмівної ефективності автомобілів дозволив сформулювати напрямки підвищення гальмівної ефективності автомобілів шляхом застосування систем активної безпеки і на цій основі виконати дослідження процесів руху транспортних засобів автомобільної служби військової частини 3066 Національної гвардії України м. Київ. Розрахунок соціально-економічної ефективності розробок з підвищення експлуатаційної надійності та безпеки руху підтвердив доцільність їх впровадження на заданому підприємстві.

На основі аналізу умов праці при виконанні роботи по підвищенню експлуатаційної надійності і безпеки руху АТЗ було розроблено необхідні організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи, розраховано віброізоляцію компресора кондиціонера, запропоновано протипожежні заходи.