

Наукова робота  
представлена на Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт

«ПОКРАЩЕННЯ УМОВ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ ВОДІЇВ  
ЗА ДОПОМОГОЮ ОЦІНКИ СТІЙКОСТІ АВТОМОБІЛЯ»

Шифр «стійкість автомобіля»

## ЗМІСТ

ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	6
1 Моніторинг ДТП .....	6
2 Забезпечення стійкості автомобіля складова безпеки водія та усіх учасників дорожнього руху.....	8
ПРАКТИЧНИЙ РОЗДІЛ .....	11
I РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПОПЕРЕЧНОЇ СТІЙКОСТІ АВТОМОБІЛЯ.....	11
1. Розрахунок критичної швидкості за умовою перекидання порожнього і навантаженого автомобіля при різних радіусах повороту .....	12
2. Розрахунок критичної швидкості за умовою ковзання автомобіля... ..	14
3. Розрахунок критичного кута за умовою перекидання порожнього і навантаженого автомобіля .....	16
4. Розрахунок критичного кута за умовою ковзання автомобіля на дорогах з різним покриттям .....	17
II РОЗРАХУНОК ОЦІНОЧНІ ПАРАМЕТРИ ПОЗДОВЖНЬОЇ СТІЙКОСТІ.....	18
III РОЗРАХУНОК СТІЙКОСТІ АВТОЦИСТЕРНИ .....	20
ВИСНОВКИ.....	25
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ .....	26

## ВСТУП

Під стійкістю транспортного засобу розуміється властивість автомобілю зберігати задані напрямки руху, орієнтацію поздовжньої і вертикальної осі. Стійкість автомобіля безпосередньо пов'язана з безпекою дорожнього руху. Керуючи нестійким автомобілем, водій змушений уважно стежити за дорожньою обстановкою і постійно коригувати рух автомобіля, щоб він не виїхав за межі дороги. Тому вивчення питання стійкості транспортного засобу є *актуальним* щодо забезпечення безпеки праці водія.

Стійкість автомобільної цистерни проти заносу і перекидання під час руху на повороті є важливою експлуатаційною властивістю автомобіля, що впливає на його безпеку. На здатність автомобіля до перекидання як при русі на повороті, так і при гальмуванні впливає величина його моменту інерції щодо вертикальної осі. В результаті наявності рідини в ємності автоцистерни величина моменту інерції щодо вертикальної осі цього автомобіля буде менше у порівнянні з вантажно-пасажирським транспортом. Для отримання оцінки впливу рідкого вантажу на стійкість автоцистерни проти занесення необхідно виконати комплекс теоретичних і експериментальних досліджень.

*Метою роботи* є оцінка параметрів поздовжньої і поперечної стійкості автомобілю задля забезпечення безпеки праці водія транспортного засобу та всіх учасників дорожнього руху.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити *такі завдання*:

1. Вивчити теоретичні основи забезпечення стійкості автомобіля як складової безпеки водія та усіх учасників дорожнього руху.
2. Дослідити методи аналізу поздовжньої і поперечної стійкості.
3. Провести розрахунки поздовжньої і поперечної стійкості у різних умовах.
4. Розрахувати стійкість автоцистерни та вантажного автомобіля та порівняти результати.

4. Створити комп'ютерну програму для оптимізації розрахунків поздовжньої і поперечної стійкості транспортного засобу.

**Об'єктом дослідження** є забезпечення безпеки праці водія.

**Предмет дослідження** – оцінка поздовжньої і поперечної стійкості транспортного засобу задля безпеки праці водія.

**Методи дослідження** Для вирішення поставлених завдань були застосовані методи математичної статистики, аналізу, програмування.

**Наукова новизна роботи:**

1. Розглянуто питання надійності системи «водій - автомобіль - дорога – середовище». Показано вплив її окремих елементів на безпеку дорожнього руху і безпеку праці водія.

2. Отримані розрахунки дозволять виконувати оцінку стійкості автоцистерни при русі по різних траєкторіях.

3. Розрахунками доведено, що зі збільшенням швидкості руху і повороту керованих коліс, зменшенням радіусу кривизни траєкторії і коефіцієнту зчеплення колеса з дорогою стійкість автоцистерни знижується в більшому ступені у порівнянні з вантажним автомобілем, що має аналогічні вагові і розмірні параметри. Таке порівняльне погіршення стійкості автоцистерни проти заносу відбувається через процеси переміщення рідкого вантажу в ємності і зниження величини моменту інерції автомобіля щодо вертикальної осі.

4. Створено комп'ютерну програму для оптимізації проведення розрахунків критичної швидкості за умовою перекидання порожнього та навантаженого автомобілю, критичної швидкості за умовою ковзання автомобілю, розрахунку критичного кута за умовою перекидання і ковзання.

**Практичне значення роботи:** Результати роботи стануть корисними як для подальшого вивчення методів прогнозування поздовжньої і поперечної стійкості, так і можуть бути доцільними у навчальному процесі.

**Апробація роботи.** Основні результати роботи представлені на наступних наукових заходах:

– Перспективи розвитку територій: теорія і практика: Всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти і молодих вчених, 22-23 листопада 2018 року, ХНУМГ.

– Метрологічні аспекти прийняття рішень в умовах роботи на техногенно-небезпечних об'єктах: Всеукраїнська науково-практичної Інтернет-конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених.– 1-2 листопада. ХНАДУ, 2018.

## ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1. Моніторинг ДТП

Проведений співробітниками відділу безпеки дорожнього руху ДП «Держдор НДІ» аналіз статистики ДТП на автомобільних дорогах загального користування державного значення за 3 квартали 2018 року, показує зменшення аварійності та кількості жертв ДТП в порівнянні з аналогічним періодом минулого року (рис. 1).



Рисунок 1 – Порівняння кількості ДТП та їх наслідків на дорогах державного значення за 3 квартали 2018 та 2017 рр.

Серед видів ДТП з постраждалими традиційно переважають "зіткнення", "наїзд на пішохода", наїзд на перешкоду" та "перекидання" (рис. 2).

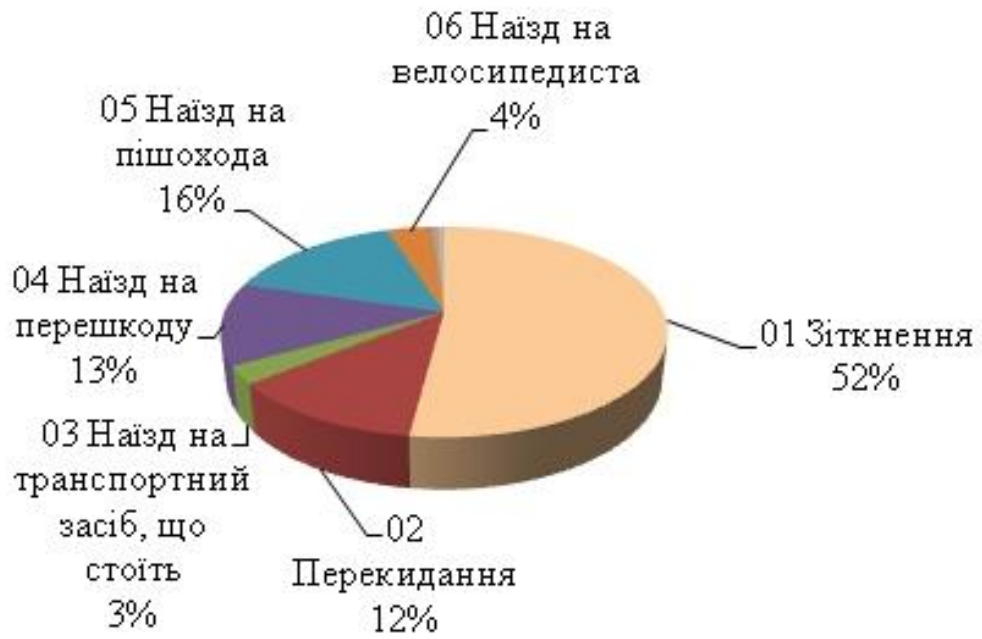


Рисунок 2 - Розподіл ДТП з постраждалими за видами пригод

Інші дослідження показує ще більшу частку перекидання ТЗ при ДТП.

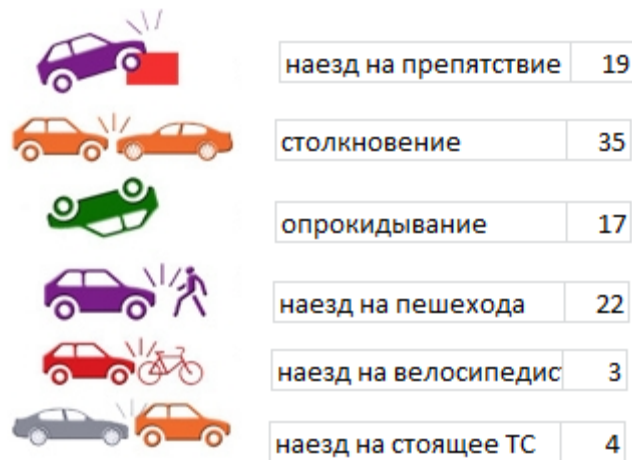


Рисунок 3 – Доля видів подій при ДТП [5]

## 2 Забезпечення стійкості автомобіля складова безпеки водія та усіх учасників дорожнього руху

Оцінці показників поперечної стійкості автотранспортних засобів (АТС) і самохідних машин (СМ) приділяється велика увага тому вони (кут статичної поперечної стійкості і кут нахилу підресорених мас), є одними з важливих показників безпеки. При внесенні змін у конструкцію АТС і СМ експлуатації показники поперечної стійкості можуть змінюватися, це викликає необхідність їх оцінки [2].

Питанням дослідження і поліпшення стійкості руху в період експлуатації одиночних автомобілів присвячено значну кількість наукових робіт. Особливо гостро стоїть проблема збереження курсової стійкості експлуатованих автомобілів задля створення безпеки дорожнього руху и безпечних умов праці водіїв [1].

Аналіз можливості забезпечення курсової стійкості експлуатованих автомобілів при гальмуванні дозволив визначити два аспекти цієї проблеми [9]:

- зниження небезпеки появи заносу (підвищення стійкості проти заносу);
- зменшення схильності до розвитку заносу і його ліквідація при русі автомобіля (Підвищення стійкості при занесенні).

Підвищення стійкості проти заносу при гальмуванні здійснюється вибором коефіцієнту розподілу гальмівних сил між осями і застосуванням регуляторів гальмівних сил, що перешкоджають випереджаючому блокування задніх коліс.

Обурюють фактори, що викликають занесення, носять випадковий характер і визначаються конструктивними та експлуатаційними параметрами. Найбільш важливими з них є коефіцієнт розподілу гальмівних сил між осями і координати центру мас автомобіля [3, 4].



Відомо, що найбільшою стійкістю легковий автомобіль володіє при випереджальному блокуванні передніх коліс або при одночасному доведенні до межі блокування всіх коліс, а найгіршою стійкістю - при випереджальному блокуванні задніх коліс. Забезпечення одночасного доведення до межі блокування передніх і задніх коліс в разі прямолінійного руху по горизонтальній опорній поверхні при гальмуванні є актуальним і при дії бічної сили [8].

Незважаючи на накопичені значні експериментальні дані [9], в літературі відсутні критеріальні умови для оцінки впливу коефіцієнта розподілу гальмівних сил між осями, координат центру мас і коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою на курсову стійкість легкових автомобілів при занесенні. Крім того, існуючі фізичні і математичні моделі описують поведінку автомобіля при значних кутах бічного відведення коліс і швидкостях бічного ковзання, що і зумовило появу в якості критерію стійкості так званої критичної швидкості руху.

З огляду на вимоги чинного стандарту (ОСТ 37.001.067-86), що визначає кут повороту поздовжньої осі автомобіля наприкінці гальмування не більше  $15^\circ$ , і нормативних документів, що регламентують його значення не більше  $8^\circ$ , необхідним є дослідження курсової стійкості автомобіля при малих змінах курсового кута.

Проведений теоретичний аналіз надає можливість сформулювати основні причини виникнення сил і моментів при гальмуванні автомобіля в процесі експлуатації [9]:

- поперечний ухил дороги;
- дія вітру;
- зміна кутів бічного відведення коліс;
- порушення геометрії ходової частини автомобіля і кутів установки керованих коліс;
- асиметричність шин внаслідок їх нерівномірного зносу;
- виконання повороту або маневрування;

— нерівність гальмівних сил на колесах, викликане відмінністю приводних тисків в контурах, коефіцієнту зчеплення між шинами і опорною поверхнею і бортовий нерівномірністю вертикальних реакцій.

Для зменшення схильності до розвитку заносу легкового автомобіля і ліквідації занесення в процесі гальмування слід адаптувати керуючий вплив гальмівної системи легкового автомобіля в процесі експлуатації до його вагового стану і динамічній зміні вертикальних навантажень на колесах. При цьому керуючий вплив гальмівної системи слід вводити в початковий період гальмування, коли зростаючі гальмівні сили на обох осях не перевищують свого граничного значення по зчепленню з дорогою.

Запобігти заносу легкового автомобіля при гальмуванні робочою системою, яка не обладнана електронною системою управління гальмуванням, можна шляхом застосування регуляторів гальмівних сил, які змінюють співвідношення гальмівних сил на колесах передньої і задньої осей в залежності від статичного і динамічного перерозподілу вертикальних реакцій на колесах.

## ПРАКТИЧНИЙ РОЗДІЛ

### I РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПОПЕРЕЧНОЇ СТІЙКОСТІ АВТОМОБІЛЯ

Стійкість автомобіля – здатність автомобіля зберігати рух по заданій траєкторії, протидіючи силам, що викликають його занесення і перекидання в різних дорожніх умовах при високих швидкостях руху.

Розрізняють такі види стійкості [10]:

– поперечна при прямолінійному русі (курсова стійкість). Її порушення проявляється в зміні напрямку руху автомобіля по дорозі і може бути викликано дією бічної сили вітру, різними величинами тягових або гальмівних сил на колесах лівого або правого борту, їх буксуванням або ковзанням, великим люфтом в рульовому управлінні, неправильними кутами установки коліс і т.д.;

– поперечна при криволінійному русі, порушення якої призводить до заносу або перекидання автомобіля під дією відцентрової сили. Особливо погіршує стійкість підвищення положення центру мас автомобіля (наприклад, велика маса вантажу на багажнику на даху);

Критеріями поперечної стійкості є максимально можливі швидкості руху по колу і кути поперечного ухилу дороги (косогору). Тому поперечна стійкість оцінюється [6]:

– критичної швидкістю руху на кривій в плані, відповідної початку заносу або ковзання автомобіля;

– критичної швидкістю руху на кривій в плані, відповідної початку перекидання;

– критичним кутом косогору, при якому виникає поперечне ковзання транспортного засобу;

– критичним кутом косогору, відповідним початку перекидання транспортного засобу.

# 1. Розрахунок критичної швидкості за умовою перекидання порожнього і навантаженого автомобіля при різних радіусах повороту

Розрахунок критичної швидкості за умовою перекидання автомобіля визначається за формулою [7]:

$$V_{кр.о.} = \sqrt{\frac{g \cdot B \cdot R}{2 \cdot h_{ц.м.}}}, \tag{1}$$

де  $B$  – ширина колії автомобіля, м;

$R$  – радіус повороту, м;

$h_{ц.м.}$  – висота центру ваги, м (табл. 1).

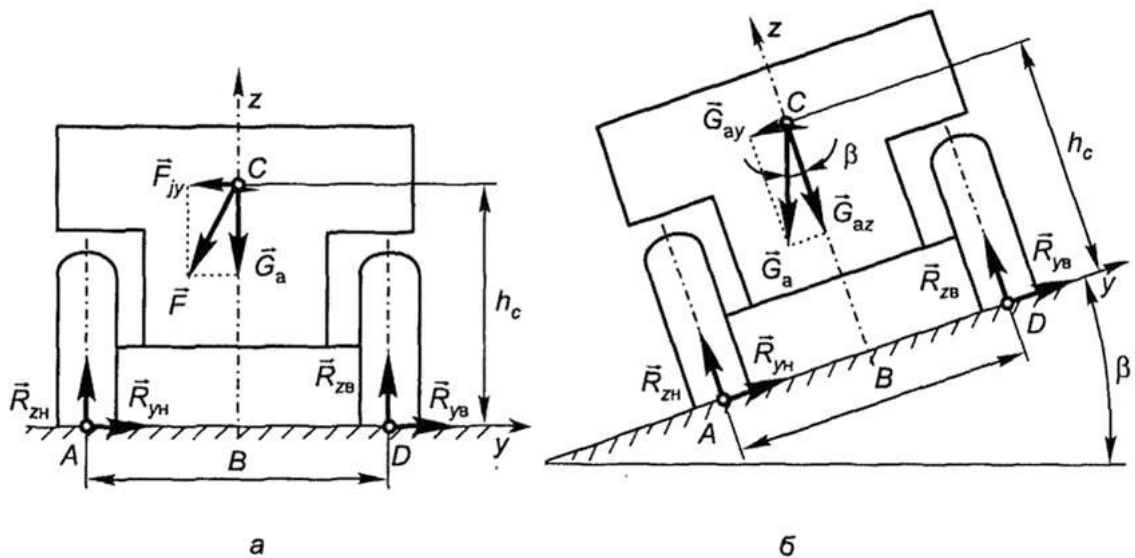


Рисунок 4 – Оцінка поперечної стійкості автомобіля:

а – при криволінійному русі; б – на косогорі

Авторами розроблено комп'ютерну програму для спрощення розрахунків та обробки великої кількості даних для різних автомобілів та різних дорожніх умов.

$$V_{кр.о.} = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 2,05 \cdot 20}{2 \cdot 1,2}} = 47 \text{ км/ч}$$

$$v_0 = 3,6 \sqrt{\frac{2,05 \cdot 9,81 \cdot 9,8}{2 \cdot 1,2}} = 32,63 \text{ м/с.}$$

Розроблена нами програма виконує розрахунки для різних радіусів повороту і будує графічну залежність, результати оформлюються також у вигляді таблиці (рис. 5).

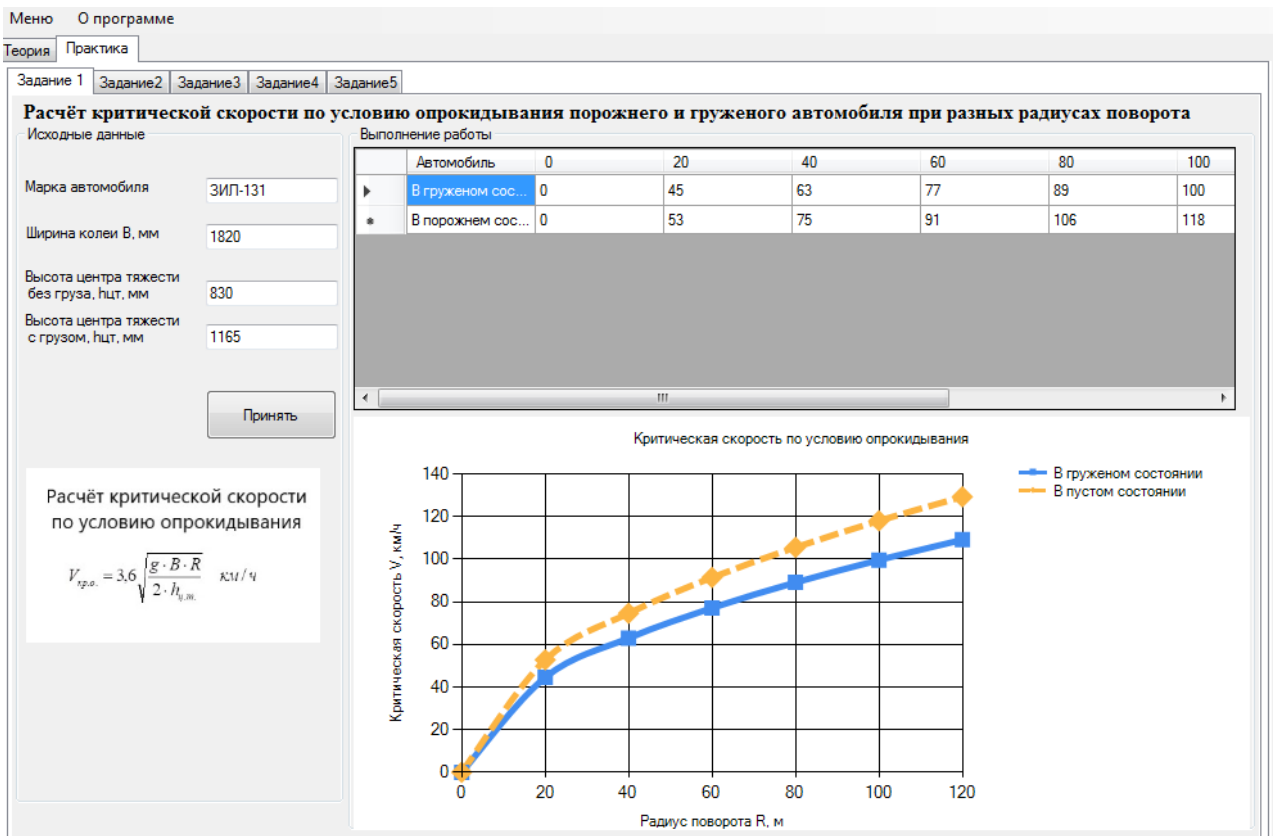


Рисунок 5 – Розрахунок залежності критичної швидкості за умовою перекидання від радіуса повороту за допомогою комп'ютерного моделювання

Зі збільшенням швидкості руху і зменшенням радіусу повороту відцентрова сила різко зростає. Наприклад, навіть при відносно невеликій швидкості руху автомобіля на виражі  $v = 15 \text{ м/с}$  (54 км/год) і не дуже крутому радіусі повороту  $R = 40 \text{ м}$  бічна складова відцентрової сили вже починає перевищувати половину ваги автомобіля ( $P_c > 0,5 G$ ).

Якщо під час повороту автомобіль починає втрачати керованість або різко накренився, то перервати цей процес можна збільшенням радіусу повороту, тобто виходом з повороту. Тоді інерційна сила  $P'_c$  буде діяти протилежно основній відцентровій силі  $P_c$  і цим сприяти встановленню стійкості машини.

## 2. Розрахунок критичної швидкості за умовою ковзання автомобіля

Розрахунок критичної швидкості за умовою ковзання автомобіля при різних радіусах повороту на дорогах з різним покриттям знаходиться за формулою:

$$V_{кр.с.} = \sqrt{g \cdot R \cdot \varphi}, \quad (2)$$

де  $\varphi$  - коефіцієнт зчеплення шин з дорогою;

$g$  - прискорення вільного падіння,  $м/с^2$ ;

$R$  – радіус повороту, м.

Наприклад, при радіусі повороту 100 м для щебеневого сухого покриття:

$$V_{кр.с.} = \sqrt{9,8 \cdot 100 \cdot 0,6} = 24 \text{ м/с}$$

Написана нами програма проводить аналогічні розрахунки для різних радіусів повороту та для різного дорожнього покриття, які відрізняються коефіцієнтом зчеплення шин з дорогою. Результати розрахунку для всіх типів покриттів наведено на рис. 3 і зведено у таблицю.

При збільшенні радіуса повороту критична швидкість за умовою ковзання також збільшується. Тип покриття також впливає на критичну швидкість за умовою ковзання: на асфальтобетонному сухому покритті критична швидкість більше ніж при ожеледі (рис. 6).

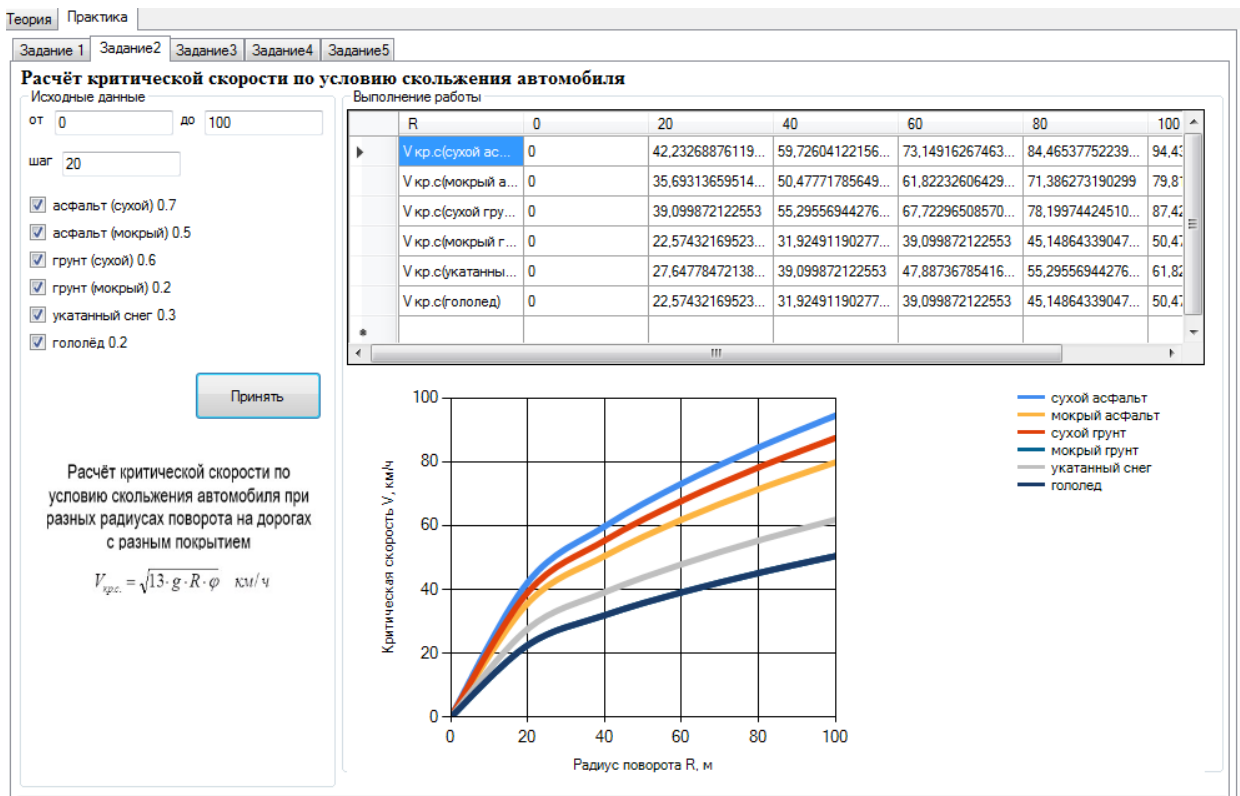


Рисунок 6 – Результати розрахунку залежності критичної швидкості за умовою ковзання від радіуса повороту за допомогою комп'ютерного моделювання

Стійкість автомобіля проти поперечного ковзання визначається через максимально допустиму (критичну) швидкість. З якої можна вести автомобіль без поперечного ковзання по дорозі з поперечним ухилом:

$$v_{ск} = \sqrt{\frac{g \cdot R \cdot (\varphi - tg\beta)}{1 + tg\beta \cdot \varphi}} \quad (3)$$

### 3. Розрахунок критичного кута за умовою перекидання порожнього і навантаженого автомобіля

Критичний кут за умовою перекидання під час руху по прямолінійній ділянці визначається за формулою:

$$\beta_{кр.о.} = \arctg\left(\frac{B}{2h_{ц.т.}}\right), \quad (4)$$

де  $B/h_{ц.т.}$  - коефіцієнт поперечної стійкості.

Розрахунок також виконуємо за допомогою розробленої програми (рис. 4).

Теория | Практика

Задание 1 | **Задание 2** | Задание 3 | Задание 4 | Задание 5

#### Расчёт критического угла по условию опрокидывания порожнего и груженого автомобиля

Исходные данные

Марка автомобиля: ЗИП-131

Ширина колеи В, мм: 1820

Высота центра тяжести без груза, h<sub>ц.т.</sub>, мм: 830

Высота центра тяжести с грузом, h<sub>ц.т.</sub>, мм: 1165

Выполнение работы

Вкр.о. с грузом: 37,9938

Вкр.о. без груза: 47,6324

Напишите здесь ваши выводы ...

Критический угол по условию опрокидывания

$$\beta_{кр.о.} = \arctg\left(\frac{B}{2h_{ц.т.}}\right)$$

Рисунок 7 – Результати розрахунку критичного кута за умовою перекидання під час руху по прямолінійній ділянці

Максимальний (критичний) кут косягору дороги за умовою перекидання визначається за формулою:

$$\beta_{кр.о.} = \arctg\left(\frac{0,5 \cdot B \cdot g \cdot R - v^2 \cdot h_{ц.т.}}{h_{ц.т.} \cdot g \cdot R + 0,5 \cdot v^2 \cdot B}\right), \quad (5)$$



#### 4. Розрахунок критичного кута за умовою ковзання автомобіля на дорогах з різним покриттям

Критичний кут за умовою ковзання по прямолінійній ділянці розраховується за формулою:

$$\beta_{кр.с.} = \arctg \varphi \quad (6)$$

За допомогою комп'ютерних розрахунків зробимо аналіз для різних типів покриття (рис. 8)

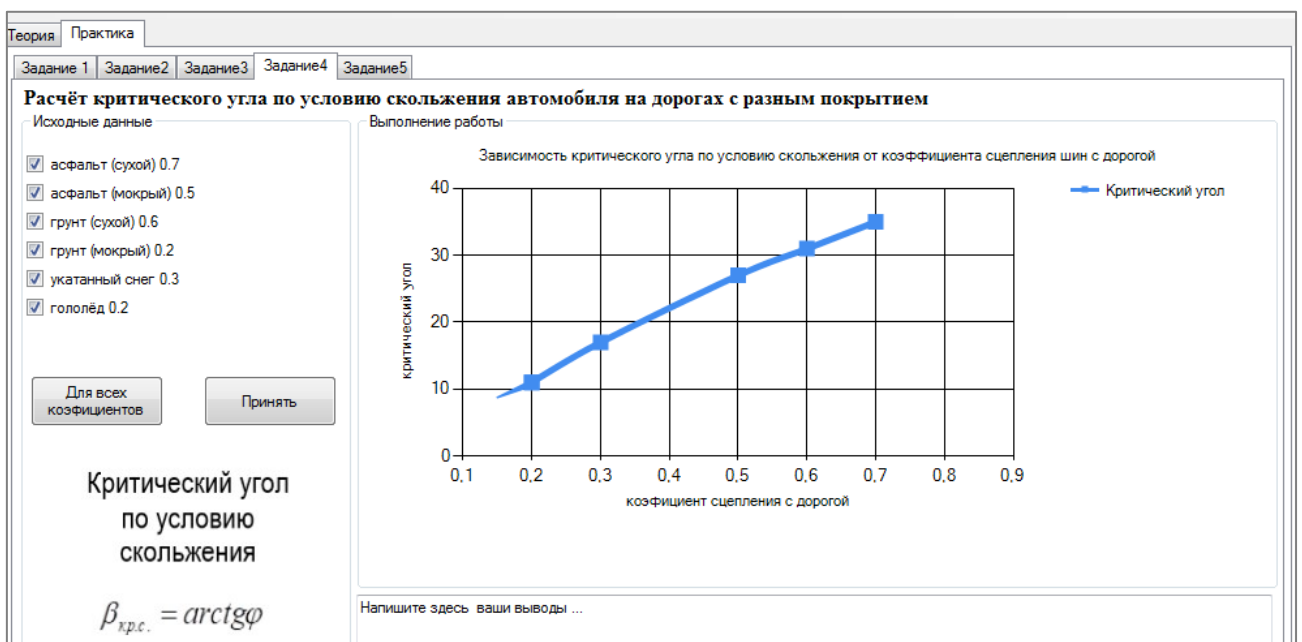


Рисунок 8 – Результаты розрахунку критичного кута за умовою ковзання автомобіля на дорогах з різним покриттям

Для асфальтобетонного та цементобетонного покриттів критичний кут за умови ковзання мінімальній, а при ожеледі максимальний.

Критичний кут косягору дороги по якому автомобіль може рухатися без поперечного ковзання розраховується за формулою:

$$\beta_{кр.с.} = \arctg \frac{g \cdot R \cdot \varphi - v^2}{g \cdot R + v^2 \cdot \varphi} \quad (7)$$

## II РОЗРАХУНОК ОЦІНОЧНІ ПАРАМЕТРИ ПОЗДОВЖНЬОЇ СТІЙКОСТІ

Під поздовжньою стійкістю розуміється можливість подолання ухилу без пробуксовування ведучих коліс, оскільки у маючих низьке розташування центру тяжіння сучасних автомобілів перекидання в поздовжній площині мало ймовірно. Критерієм оцінки поздовжньої стійкості служить максимальний ухил підйому, який можна подолати з постійною швидкістю без пробуксовування ведучих коліс.

Критичний кут підйому в значній мірі залежить від значення коефіцієнту зчеплення (рис. 9).

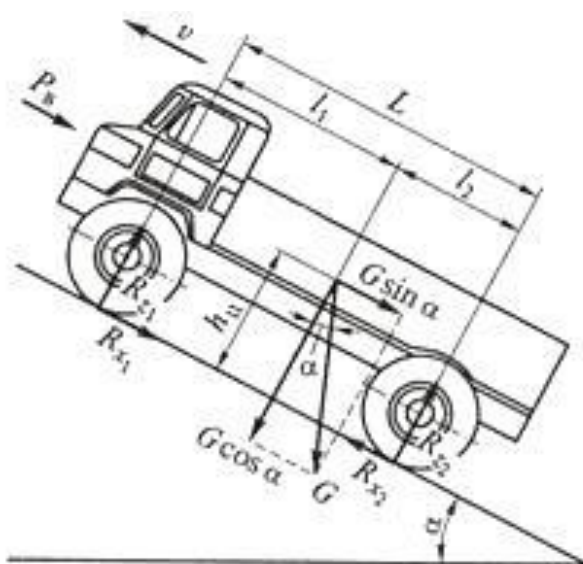


Рисунок 9 – Схема для визначення критичного кута підйому по буксуванню

Розрахунок оціночного параметра поздовжньої стійкості (критичного куту підйому) визначається за формулою:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left( \frac{a \cdot \varphi}{L - h_{ц.м.} \cdot \varphi} \right), \quad (8)$$

де  $a$  – відстань від центру ваги автомобіля до його передньої осі, м;

$L$  – відстань між осями переднього і заднього мостів автомобіля, м.

Проводимо розрахунок для автомобіля в порожньому і навантаженому стані при різних значеннях коефіцієнтів зчеплення з дорогою, і результати розрахунків програмою зведено у таблицю 6, побудовано графічну залежність (рис. 10).

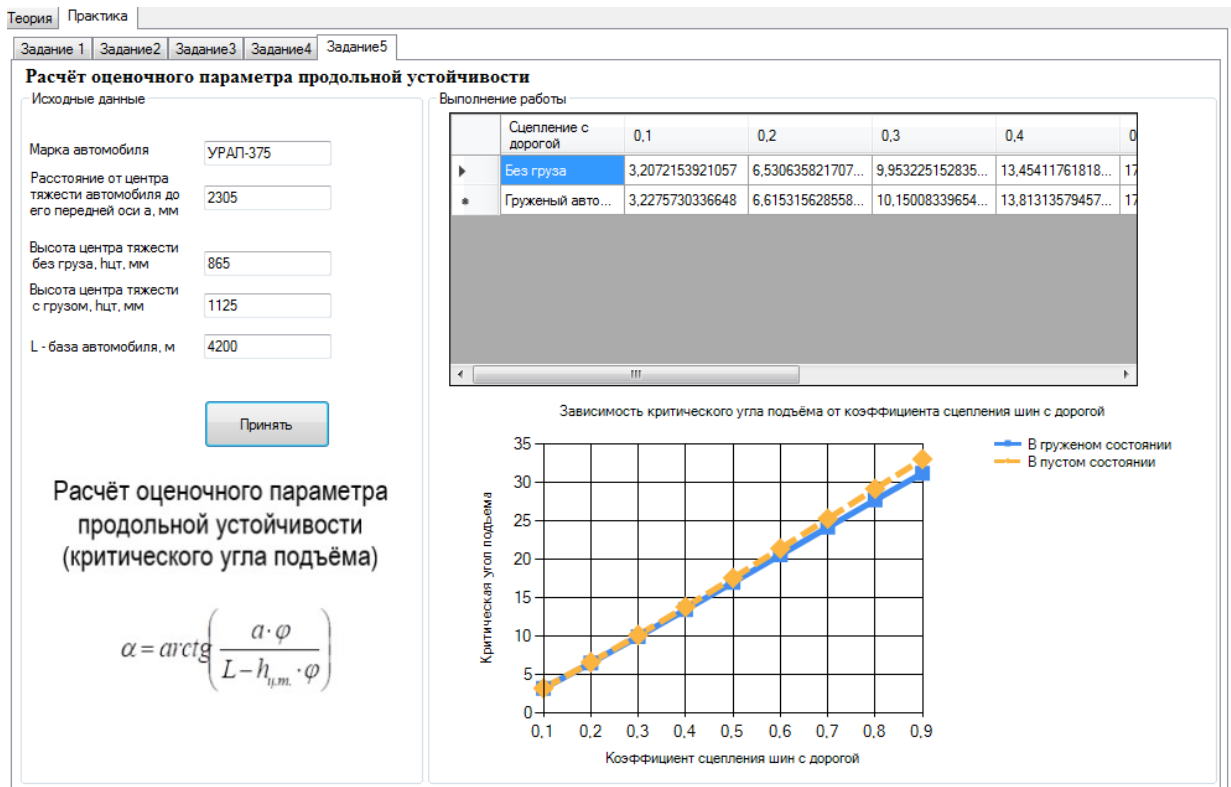


Рисунок 10 – Залежність критичного кута підйому від коефіцієнта зчеплення шин з дорогою

Зміна коефіцієнту зчеплення шин з дорогою сприяє і зміни критичного кута підйому. Для асфальтобетонного та цементобетонного покриттів критичний кут підйому мінімальний, а при ожеледі максимальний. Для порожнього автомобілю критичний кут підйому більше ніж для автомобіля в завантаженому стані, однак для снігу та обледенілої дороги критичний кут підйому для автомобіля в завантаженому стані більше ніж для автомобіля в порожньому стані.

### III РОЗРАХУНОК СТІЙКОСТІ АВТОЦИСТЕРНИ

Проведенні розрахунки величини гранично допустимого радіусу повороту з умови перекидання цистерни на шасі МАЗ-5337 в залежності від швидкості руху і маси вантажу. Результати наведено на рис. 8, 9. Наведені розрахункові величини для вантажного автомобіля, що має аналогічні розмірні і вагові параметри (рис. 11, 12).

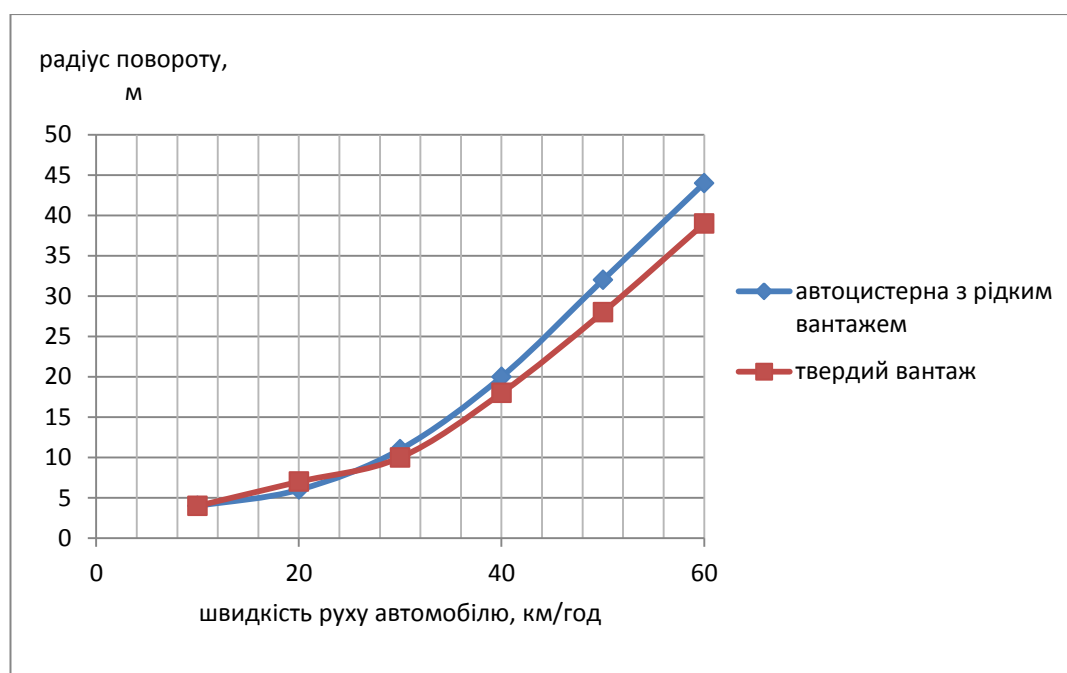


Рисунок 11 – Залежність гранично допустимого радіусу повороту АПМ-7 (5337) по перекиданню від швидкості руху

На рис. 11 наведено результати розрахунку гранично допустимого радіусу при русі автоцистерни по колу з постійною швидкістю і заповненням рідким вантажем на 2/3 ємності. Аналіз графіка показує, що стійкість автоцистерни нижче у порівнянні з вантажним автомобілем.

Зі збільшенням швидкості руху відбувається збільшення зміщення центру ваги рідини в ємності і погіршення поперечної стійкості автоцистерни. Причому різниця між гранично допустимими радіусами автоцистерни і вантажного автомобіля збільшується.

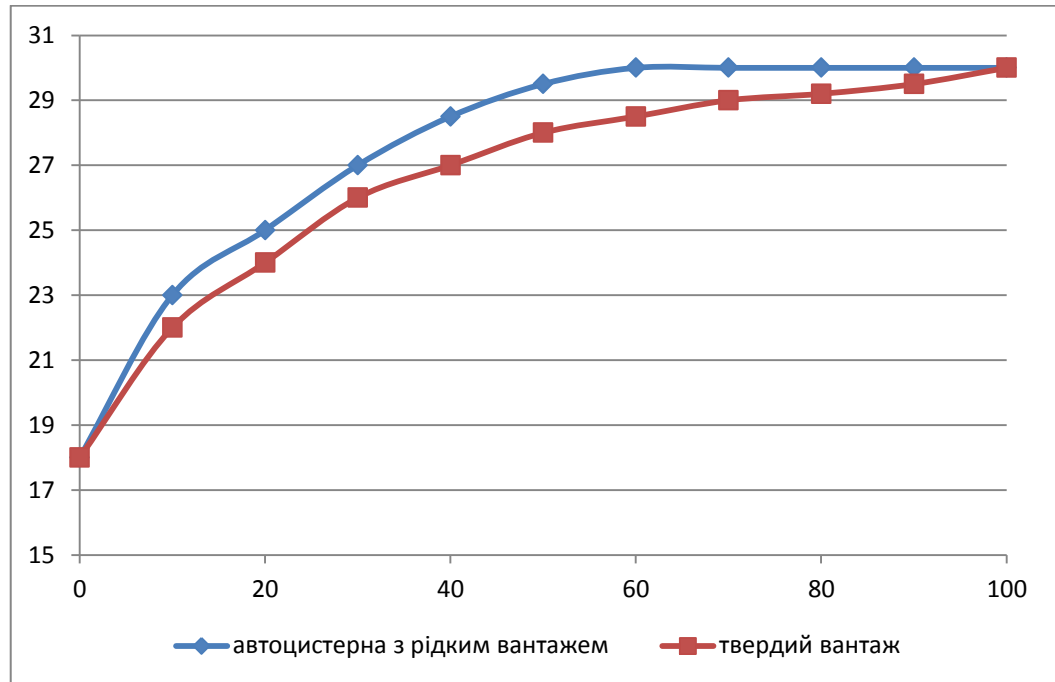


Рисунок 12 – Залежність гранично допустимого радіусу повороту по перекиданню автоцистерни АПМ-7 (5337) від заповнення ємності рідким вантажем

Залежність поперечної стійкості автоцистерни від ступеня заповнення рідким вантажем визначалася при швидкості руху  $v = 50$  км / год (рис. 9). Як видно з графіка, із збільшенням заповнення цистерни поперечна стійкість автомобіля погіршується. Гранично допустимі радіуси повороту порожньої і повної цистерни дорівнюють гранично допустимим радіусів вантажного автомобіля, т. к. в першому випадку рухливий вантаж відсутній, а в другому випадку є нерухомий центр ваги рідини. При малому заповненні зміщення центру ваги в поздовжньому і поперечному напрямках досягає великих величин, але з огляду на те, що маса вантажу щодо маси кузова незначна, вплив переміщення рідини щодо цистерни на поперечну стійкість автомобіля несуттєвий. При заповненні ємності на 50% стійкість автоцистерни низька в порівнянні з вантажним автомобілем, і різниця величин граничнодопустимого радіусу досить велика. З подальшим збільшенням

заповнення цистерни різниця стійкості автоцистерни і вантажного автомобіля зменшується до нуля.

Розрахунок радіусу повороту при різних кутах зворотного нахилу дороги показав, що із збільшенням поперечного кута нахилу дороги поперечна стійкість автоцистерни підвищується більше у порівнянні з вантажним автомобілем, т. к. зі збільшенням кута нахилу поперечне зміщення центру ваги зменшується. Відбувається це тому, що, з одного боку, на рідкий вантаж і кузов цистерни діє відцентрова сила, яка збільшує поперечне зміщення рідкого вантажу і крен кузова, а з іншого боку, поперечний ухил дороги створює умови для зменшення крену кузова і переміщення (перетікання) рідини в зворотний бік. Виходячи з більшого ефекту підвищення стійкості автоцистерни при наявності зворотного кута нахилу дороги у порівнянні з вантажно-пасажирським транспортом, було проведено дослідження стійкості автоцистерни при виконанні системи зворотного крену підресореною маси. Дослідження показало доцільність конструктивного виконання системи, що забезпечує зворотний крен кузова, і значне підвищення стійкості пожежної автоцистерни з застосуванням цієї системи.

Проведений розрахунок допустимого радіусу повороту автоцистерни за формулою показав його залежність від коефіцієнта зчеплення (рис. 13) і швидкості повороту керованих коліс (рис. 14).

Зі зменшенням коефіцієнта зчеплення (ожеледь) гранично допустимий радіус повороту автоцистерни різко збільшується.

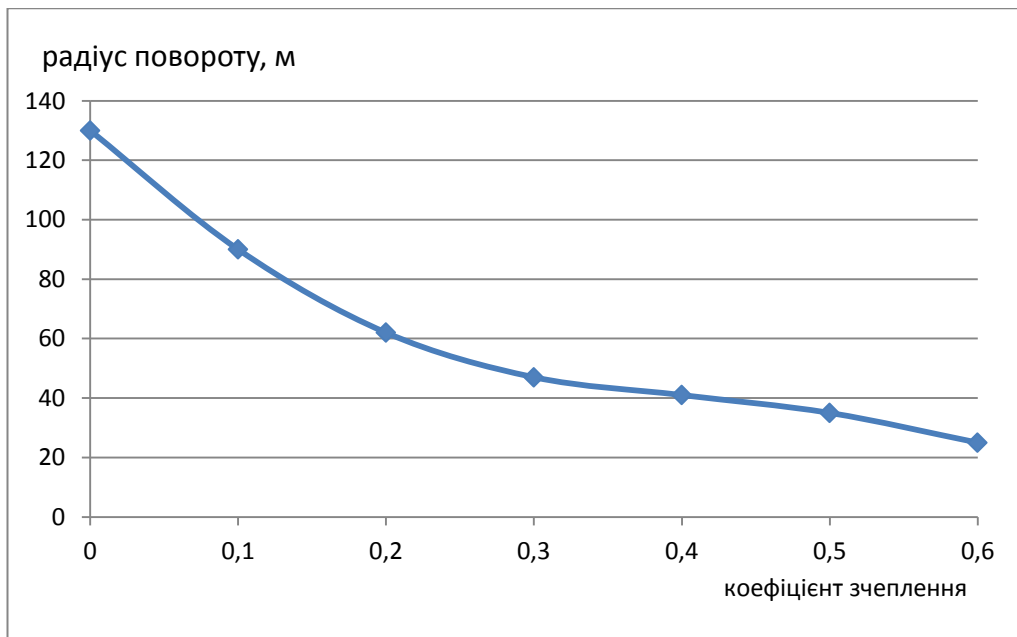


Рисунок 13 - Залежність гранично допустимого радіусу повороту R по занесенню автоцистерни АПМ-7 (5337) від коефіцієнта зчеплення; заповнення цистерни - 75%

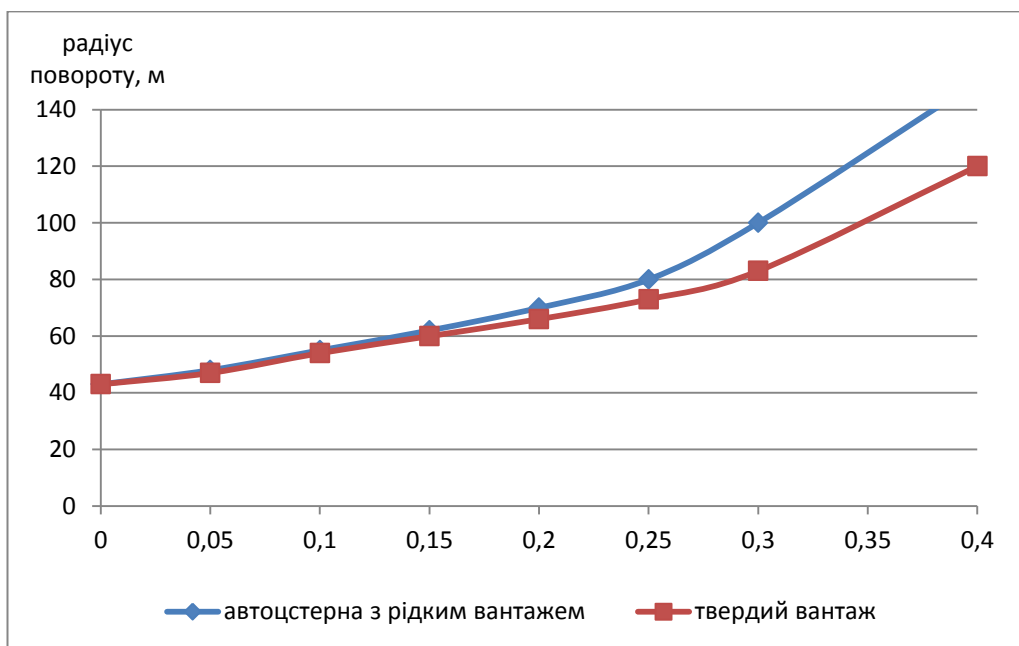


Рисунок 14 - Залежність гранично допустимого радіусу повороту R автоцистерни АПМ-7 (5337) від швидкості повороту керованих коліс; заповнення цистерни - 75%

При зміні швидкості повороту керованих коліс автоцистерна більш схильна до заносу у порівнянні з вантажним автомобілем, що має аналогічні

розмірні і вагові параметри. Зі збільшенням швидкості керованих коліс різниця між гранично допустимими радіусами руху автоцистерни і вантажного автомобіля збільшується (рис. 11). Відбувається це через переміщення рідкого вантажу до передньої частини автоцистерни.

При русі автоцистерни по колу величина бічного прискорення має прямо пропорційну залежність від квадрата швидкості руху і обернено пропорційна – від радіуса повороту. Застосувавши отримані залежності, можна визначити величини гранично допустимої швидкості руху від коефіцієнту зчеплення, радіуса повороту, швидкості повороту рульового колеса і ступеню заповнення ємності рідким вантажем.

За допомогою зазначених аналітичних залежностей можна визначити стійкість автоцистерни проти заносу з урахуванням можливого переміщення рідини в поперечному і поздовжньому напрямках.



## ВИСНОВКИ

1. Проведено розрахунки поздовжньої і поперечної стійкості у різних умовах.

2. Створено комп'ютерну програму для оптимізації проведення розрахунків критичної швидкості за умовою перекидання порожнього та навантаженого автомобілю, критичної швидкості за умовою ковзання автомобілю, розрахунку критичного кута за умовою перекидання і ковзання.

3. Автоцистерна з частковим заповненням ємності рідким вантажем при русі на повороті має гіршу поперечну стійкість проти перекидання в порівнянні з вантажним автомобілем, що має аналогічні розміри і вагові параметри. Ця різниця зростає зі збільшенням крену кузова, висоти центру ваги автомобіля, поперечного зміщення рідкого вантажу, ступеню заповнення цистерни, швидкості повороту керованих коліс і уповільнення руху.

Розрахунок радіуса повороту керованих коліс при різних кутах зворотного нахилу дороги (косогору) показав, що зі збільшенням цього кута поперечна стійкість автоцистерни підвищується більш ефективно, ніж для вантажного автомобілю. Отримані аналітичні залежності дозволять виконувати оцінку стійкості автоцистерн при русі по різних траєкторіях.

4. Поперечна стійкість автоцистерни проти заносу нижче у порівнянні з вантажним автомобілем і залежить від коефіцієнту зчеплення з дорогою, швидкості руху і повороту керованих коліс, радіуса кривизни траєкторії і не залежить від висоти центру тяжкості, величини крену кузова і зміщення центру ваги рідкого вантажу в поперечному напрямку цистерни.

Зі збільшенням швидкості руху і повороту керованих коліс, зменшенням радіусу кривизни траєкторії і коефіцієнта зчеплення колеса з дорогою стійкість автоцистерни знижується в більшому ступені у порівнянні з вантажним автомобілем, що має аналогічні вагові і розмірні параметри. Таке порівняльне погіршення стійкості автоцистерни проти заносу відбувається через процеси переміщення рідкого вантажу в ємності і зниження величини моменту інерції автомобіля щодо вертикальної осі.

## ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Афанасьев Л.Л., Дьяков А.Б., Иларионов В.А. Конструктивная безопасность автомобилей. – М.: Машиностроение, 1983. – 212 с.
2. Бояркин, С. В. Анализ методов оценки статической поперечной устойчивости колесных транспортных средств // Молодёжь и наука: Сборник материалов VII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвященной 50-летию первого полета человека в космос [Электронный ресурс].– Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2011.– Режим доступа: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2011/section29.html>, свободный.
3. Гречанюк М. С. Поперечна стійкість сідлового автопоїзда в режимі гальмування // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2015. № 1.– С. 136–140.
4. Захарчук О.В., Демидюк М.А., Захарчук М.І. Оцінка стійкості колісного трактора мтз-80 при роботі з газобалонним обладнанням // Міжвузівський збірник "НАУКОВІ НОТАТКИ". Луцьк, 2016. Випуск № 55.– С. 157–162.
5. Иларионов В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий. Учеб. для вузов.– М.: Транспорт, 1989.– 225 с.
6. Коноплянко В.И. Организация и безопасность дорожного движения. М.: Транспорт, 1993.– 183 с.
7. Основы обеспечения безопасности дорожного движения. / Под редакцией В.А. Печкина. – Иркутск: ИрГТУ, 1999.– 138 с.
8. Петренко А.М. Устойчивость специальных транспортных средств: учеб. пособие /А.М. Петренко; МАДИ.- М., 2013. – 41 с.
9. Подригало М.А. Причины снижения курсовой устойчивости легковых автомобилей в процессе эксплуатации / М.А. Подригало, В.И. Назаров // автомобильный транспорт, 2010.– вып. 26.– С. 39-43.

10.Прощенко А.В., Добрецов Р.Ю. Применение отдельных методов расчета устойчивости автомобиля к малогабаритным транспортным средствам //XXXIII Неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научно-технической конференции. Ч.II: Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2005.– С. 76–77.