

ОЦІНКА АДАПТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АБС ПРИ ГАЛЬМУВАННІ АВТОМОБІЛІВ НА НЕПРЯМОЛІНІЙНИХ АБО НЕГОРИЗОНТАЛЬНИХ ДІЛЯНКАХ ДОРІГ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ

В. В. Шелудченко, к.т.н., доцент, Сумський національний аграрний університет

При дослідженнях, присвячених створенню АБС та визначенню їх впливу на динаміку руху автомобіля при гальмуванні, головна увага приділялась із всього різноманіття умов експлуатації автомобілів навантажувально-зчіпним умовам у контактні коліс із дорожньою поверхнею, тобто враховувались вертикальні реакції у плямі контакту колеса з дорогою, тип та стан дорожньої поверхні, ступінь зношеності шини, тиск в шинах та ін. При цьому геометричні параметри дороги майже не враховувались. В даній статті розглядаються особливості маршрутів перевезень та геометричні характеристики доріг, які можуть впливати на показники ефективності гальмування та курсової стійкості руху автомобілів з АБС.

Ключові слова: маршрути перевезень, макропрофіль доріг, гальмування, перерозподіл навантаження, коригування алгоритму.

Постановка проблеми. Вантажні перевезення, які виконуються в аграрному секторі економіки, можна розподілити за ознаками протяжності маршруту та використання доріг різного значення на чотири основні види:

- внутрішньогосподарські;
- міжгосподарські;
- внутрішньообласні;
- міжобласні.

До внутрішньогосподарських перевезень відносяться перевезення між структурними підрозділами одного агрогосподарства, наприклад, транспортування добрив зі складу до місця вивантаження (безпосередньо на полі), врожаю з поля до комори та ін. Основними видами міжгосподарських перевезень є транспортування врожаю зернових до хлібокомбінату, соняшника – до маслоекстракційного заводу, цукрових буряків – до цукрозаводу і т.п. Внутрішньообласні перевезення виконуються на більші відстані, ніж попередні, але в межах однієї області, наприклад, перевезення пально-мастильних матеріалів від нафтобази до господарства. Міжобласні перевезення виконуються між підприємствами, які розташовані на порівняно великих відстанях і мають не сис-

тематичні господарчі та технологічні зв'язки, наприклад, при завезенні до господарства будматеріалів від виробника, завезенні елітного насіння або тварин та ін.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Численні публікації, що містять результати випробувань та експлуатації різних АБС, відзначають загальний позитивний вплив АБС на гальмівну динаміку. Однак, характер процесу регулювання свідчить про його низьку стійкість і недостатню якість регулювання, що обумовлено, перш за все, алгоритмами функціонування цих систем, а також умовами експлуатації транспорту при комбінації різних параметрів, які в сукупності раніше не досліджувалися.

Виклад основного матеріалу. Вид перевезень визначає відстань та географію перевезень, які, в свою чергу, обумовлюють вибір маршруту. Автором проаналізовані маршрути перевезень, виконаних у 26 агрогосподарствах Сумської області протягом 2013-2014 р.р. Метою даного аналізу було визначення відсотків пробігу автомобілів по дорогах місцевого, регіонального та державного значення при різних видах перевезень. Результати аналізу наведені в табл.1.

Таблиця 1. Структура використання доріг різних категорій при виконанні перевезень

Вид перевезень	% протяжності маршруту по дорогах державного значення	% протяжності маршруту по дорогах регіонального значення	% протяжності маршруту по дорогах місцевого значення
Внутрішньогосподарчі перевезення	–	–	100%
Міжгосподарчі перевезення	–	8-12%	88-92%
Внутрішньообласні перевезення	4-6%	32-36%	58-64%
Міжобласні перевезення	~35%	~35%	~30%

Дані табл.1 свідчать про те, що переважна частина перевезень в аграрному секторі виконується по дорогах місцевого значення, які мають особливості як в будівництві, так і в експлуатації, що може вплинути на показники гальмівної ефективності та курсової стійкості автомобілів.

Відомо, що суттєво впливати на показники гальмівної ефективності керованості та курсової стійкості автомобілів при гальмуванні можуть наступні геометричні параметри доріг:

- радіуси кривизни у горизонтальній площині;
- радіуси кривизни у вертикальній площині;
- поздовжні похили.

Тому порівняльний аналіз доріг виконано саме за цими параметрами. Для цього за даними «Відомостей наявності та технічного стану радіусів горизонтальних кривих», «Відомостей наявності та технічного стану поздовжніх похилів», «Відомостей наявності поперечних похилів проїзної

частини» та «Відомостей наявності та технічного стану радіусів вертикальних кривих» за даними Служби автомобільних доріг у Сумській області

побудовані гістограми розподілу цих параметрів для доріг місцевого та регіонального значення.

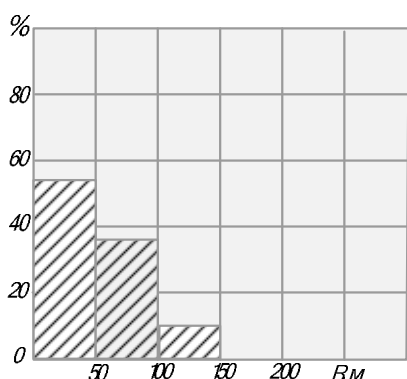


Рис. 1. Гістограма розподілу радіусів кривизни доріг місцевого значення у горизонтальній площині

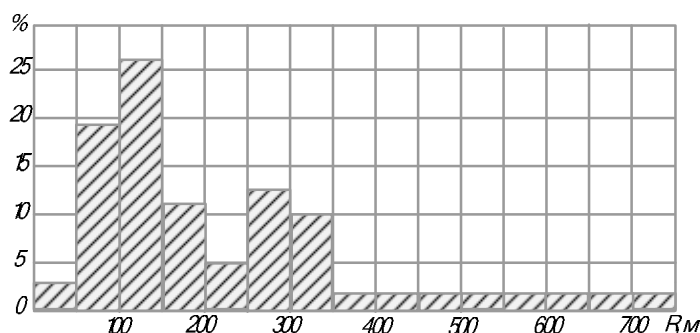


Рис. 2. Гістограма розподілу радіусів кривизни доріг регіонального значення у горизонтальній площині

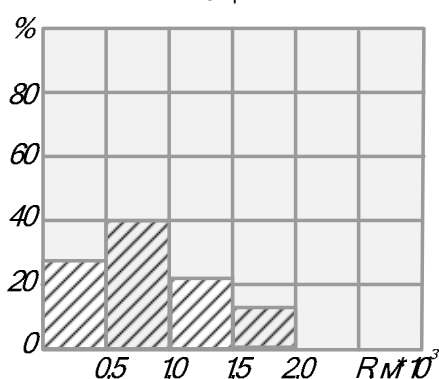


Рис. 3. Гістограма розподілу радіусів кривизни доріг місцевого значення у вертикальній площині

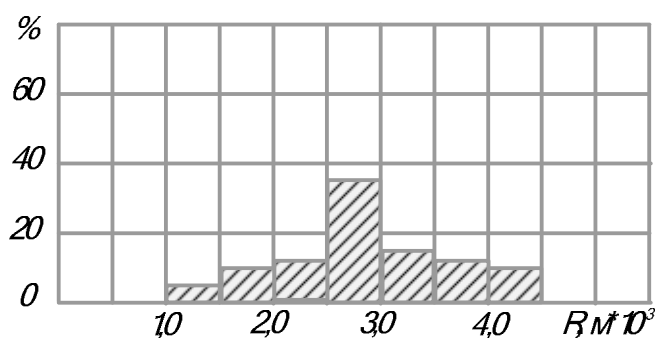


Рис. 4. Гістограма розподілу радіусів кривизни доріг регіонального значення у вертикальній площині

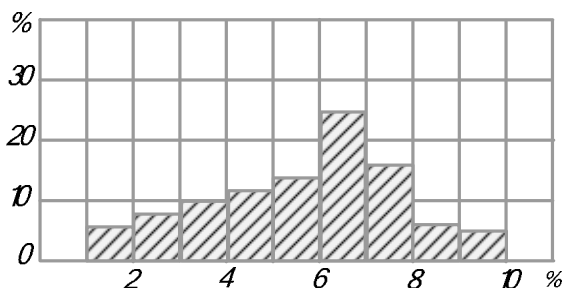


Рис. 5. Гістограма розподілу поздовжніх нахилів доріг місцевого значення

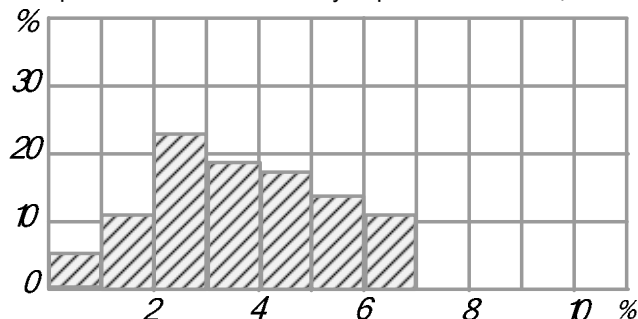


Рис. 6. Гістограма розподілу поздовжніх нахилів доріг регіонального значення

Аналіз гістограм показує, що більше половини поворотів (54%) доріг місцевого значення мають радіус кривизни до 50 м, а майже всі (90%) – до 100 м. У той же час на дорогах регіонального значення більше половини (52%) поворотів мають радіус кривизни більше, ніж 150 м.

У вертикальній площині радіуси кривизни доріг місцевого значення знаходяться у діапазоні до 2 км, а доріг регіонального значення майже всі (86%) – більше 2 км. Поздовжні нахили доріг місцевого значення змінюються в діапазоні до 10%, а доріг регіонального значення – до 7%. При цьому максимум розподілу значень нахилів для

доріг місцевого значення знаходиться в інтервалі 6-7%, а для доріг регіонального значення – в інтервалі 2-4%.

Крім наведених значень аналізу геометричних параметрів доріг слід враховувати ще й щільність розташування поворотів та нахилів на дорогах. Цей показник можна визначити по даним тих же «Відомостей...», як співвідношення кількості горизонтальних колонок відомості до довжини дороги, обчислюваної за даними відомостей. Визначені таким чином середні значення щільності розташування поворотів та нахилів доріг наведені в табл.2.

Таблиця 2. Значення щільності розташування поворотів та похилів доріг

Непрямолінійність чи негоризонтальність доріг	дороги місцевого значення	дороги регіонального значення
Крива у горизонтальній площині	53 на 100 км	23 на 100 км
Крива у вертикальній площині	55 на 100 км	11 на 100 км
Нахил	56 на 100 км	11 на 100 км

Таким чином, дороги місцевого значення відрізняються від доріг регіонального значення суттєво меншими радіусами поворотів, більшими значеннями нахилів та більш високою (приблизно у 3 рази!) щільністю розташування поворотів та нахилів. Ці особливості обумовлені тим, що будівництво доріг місцевого значення з метою зменшення його собівартості виконується з мінімумом витратних земельних робіт, тобто ці дороги прокладаються практично по реально існуючому рельєфу місцевості.

Дані табл.2. свідчать про те, що на дорогах місцевого значення в середньому на кожних 600м зустрічаються непрямолінійні або негоризонтальні ділянки. З урахуванням того, що середня протяжність криволінійних ділянок складає 80-150 м, а протяжність нахилів – 300-500 м, можна зробити висновок про те, що автомобіль на дорозі місцевого значення майже постійно рухається по непрямолінійним або негоризонтальним ділянкам. Це обумовлює дуже високу ймовірність гальмування саме на таких ділянках. Цей висновок разом з висновком про наявний перерозподіл

зчпних можливостей коліс у поздовжньому та боковому напрямках при гальмуванні обґрунтовує актуальність вирішення задачі оцінки адаптивних властивостей АБС при гальмуванні на непрямолінійних або негоризонтальних ділянках дороги та визначення заходів підвищення цих властивостей.

Поздовжні нахили доріг впливають на перерозподіл навантаження на колеса автомобіля які визначають співвідношення гальмівних сил на колесах [1-3]. Крім того у якості чутливого елемента датчика поздовжнього прискорення в АБС використовують датчики інерційного типу, показання яких залежать від наявності та величини нахилу. Це може вплинути на робочі процеси АБС, тому ступінь впливу показань датчиків потребує окремого дослідження.

На рис.7 наведена схема гальмування автомобіля на поздовжньому нахилі дороги, з якої видно, що сумарна сила притискання коліс до дороги зменшується на добуток $\cos \alpha$, а також виникає додаткова поздовжня сила.

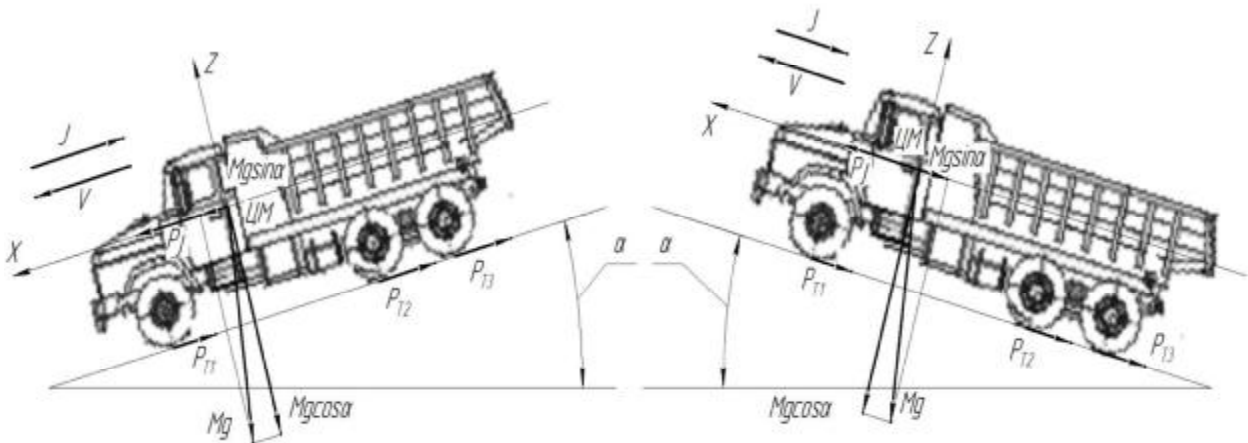


Рис. 7. Схеми гальмування автомобіля на нахилі та підйомі

Уповільнення автомобіля при гальмуванні на нахилі дороги може бути визначено з рівняння динаміки його руху в проекції на вісь X з урахуванням припущення, що при наявності АБС на кожному колесі реалізується близький до максимального коефіцієнт зчеплення з дорожньою поверхнею. Це рівняння має вигляд:

при гальмуванні на нахилі

$$M \cdot j + Mg \sin \alpha = Mg \varphi_{x \max} \cdot \cos \alpha \quad (1)$$

і при гальмуванні на підйомі

$$M \cdot j - Mg \sin \alpha = Mg \varphi_{x \max} \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

де M – маса автомобіля;
 j – поздовжнє уповільнення автомобіля;
 $\varphi_{x \max}$ – максимальне значення коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою.

ента зчеплення коліс з дорогою.

Розв'язавши рівняння (1) і (2) відносно j отримаємо

для нахилу:

$$j = g(\varphi_{x \max} \cdot \cos \alpha - \sin \alpha) \quad (3)$$

для підйому:

$$j = g(\varphi_{x \max} \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) \quad (4)$$

Для оцінки впливу зміни навантажувально-зчпних умов, у контакт колеса з дорожньою поверхнею, на процес автоматичного регулювання гальмування коліс розглянемо рівняння динаміки відносного руху колеса (обертання відносно центру колеса)

$$J \cdot \ddot{\omega} = -M_T + Z \cdot \varphi_x \cdot r_d, \quad (5)$$

де J – приведений до осі момент інерції самого колеса і пов'язаних з ним обертових мас;

$\ddot{\omega}$ – кутове прискорення колеса;

M_T – гальмівний момент, прикладений до колеса з боку гальмівного механізму;

Z – нормальне навантаження на колесо;

φ_x – коефіцієнт зчеплення колеса з дорожньою поверхнею;

r_d – динамічний радіус колеса.

При аналізі процесів регулювання гальмування колеса рівняння (5) зазвичай зводять до безрозмірного вигляду

$$\frac{J \ddot{\omega}}{Z r_d} = \frac{-M_T}{Z r_d} + \varphi_x, \quad (6)$$

а графічну інтерпретацію процесу регулювання отримують у вигляді фазової діаграми шляхом накладення на графік $\varphi_x = \varphi_x(S)$, де

$$S = \frac{V - \omega r_d}{V}, \quad (7)$$

графіка зміни параметра $\frac{M_T}{Z r_d}$ в функції S .

У випадку, що розглядається, зручніше рівняння (5) звести до розмірного вигляду:

$$\frac{J \ddot{\omega}}{r_d} = -\frac{M_T}{r_d} + Z \varphi_x, \quad (8)$$

де $\frac{J \ddot{\omega}}{r_d}$ та $\frac{M_T}{r_d}$ – відповідно приведені до зовнішнього ободу колеса інерційна сила по абсолютному значенню та сила тертя в гальмівному механізмі;

$Z \varphi_x$ – гальмівна сила, яка виникає у контактні колеса з дорожньою поверхнею.

На рис.8 наведені приблизні графіки $\varphi_x(S) \cdot Z$ на горизонтальній та негоризонтальній ділянках дороги. Зменшення $(\varphi_x \cdot Z)_{\max}$ на нахилі (підйомі) обумовлено зменшенням Z , а зміщення S_k вліво пов'язане з тим, що при зменшенні Z при менших значеннях S_y місці контакту колеса з дорогою починають збільшуватись зони відносного ковзання та зменшується зона відносного спокою елементів протектора шини відносно дорожньої поверхні.

На рис.8 наведені приблизні графіки $\varphi_x(S) \cdot Z$ на горизонтальній та негоризонтальній ділянках дороги. Зменшення $(\varphi_x \cdot Z)_{\max}$ на нахилі (підйомі) обумовлено зменшенням Z , а зміщення S_k вліво пов'язане з тим, що при зменшенні Z при менших значеннях S_y місці контакту колеса з дорогою починають збільшуватись зони відносного ковзання та зменшується зона відносного спокою елементів протектора шини відносно дорожньої поверхні.

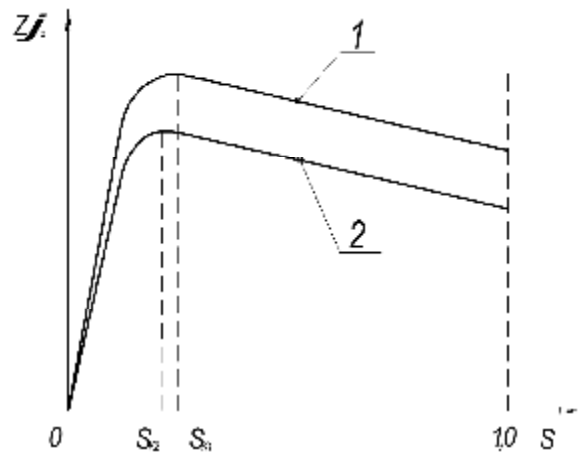


Рис. 8 Графіки залежності гальмівної сили від відносного поздовжнього ковзання колеса:

1 - на горизонтальній ділянці дороги;
2 - на негоризонтальній ділянці.

Відомо, що стійкий процес регулювання гальмування з усіх запропонованих та досліджених алгоритмів функціонування АБС забезпечують тільки багатозональні нециклічні та дуальні адаптивні алгоритми [4].

Із аналізу графіків рис.8 видно, що для забезпечення якості регулювання такої ж, як на горизонтальній дорозі, при зменшенні S на нахилі (підйомі) граничне значення $Y_{\dot{\omega}}$ треба знижувати.

Якщо на графік $\varphi_x(S) \cdot Z$ накласти графік M_T / r_d , то різниця ординат цих графіків буде визначати

величину $J \ddot{\omega} / r_d$, тобто величину $\ddot{\omega}$, від якої

залежить темп переходу динамічного стану колеса із стійкої ($S < S_k$) в нестійку ($S_k < S$) зону. Це приводить до висновку, що при зниженні $Z \varphi_x$ граничне значення $Y_{\dot{\omega}}$ для збереження стійкості

процесу регулювання треба знижувати. Незважаючи на достатню очевидність отриманих висновків пропозиції щодо коригування зазначених граничних значень у багатозональних нециклічних АБС в залежності від будь-яких вимірюваних в процесі гальмування параметрів в літературі відсутні.

Для оцінки впливу зміни навантажувально-зчепних умов на нахилах (підйомах) на робочі процеси дуальних адаптивних систем треба з'ясувати, як ці зміни вплинуть на вихідні сигнали датчика поздовжнього уповільнення, які використовуються для формування керуючого сигналу. Для цього звернемося до схеми (рис. 9).

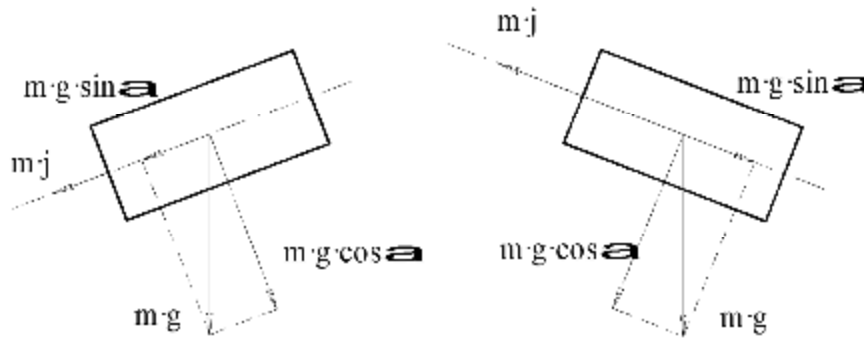


Рис. 9 Схема визначення показань датчика поздовжнього уповільнення автомобіля.

Вихідний сигнал датчика пропорційний зміщенню його інерційного елемента, яке пропорційне сумі проєкцій сил, які діють на рухомий елемент, у напрямку його зміщення. Цей напрямок співпадає з поздовжньою віссю автомобіля, що обумовлено схемою розміщення датчика на автомобілі. Виходячи з цього, вихідний сигнал датчика може бути записаний у вигляді:

$$j_d = K(m \cdot j + mg \cdot \sin \alpha), \quad (9)$$

при гальмуванні на нахилі, та при гальмуванні на підйомі:

$$j_d = Kmg(\varphi_{x \max} \cos \alpha - \sin \alpha + \sin \alpha) = K \cdot mg \cdot \varphi_{x \max} \cdot \cos \alpha, \quad (11)$$

$$j_d = Kmg(\varphi_{x \max} \cos \alpha + \sin \alpha - \sin \alpha) = K \cdot mg \cdot \varphi_{x \max} \cdot \cos \alpha. \quad (12)$$

Тобто, вихідний сигнал датчика поздовжнього уповільнення на поздовжньому нахилі (підйомі) зменшується порівняно із гальмуванням на горизонтальній дорозі. Зменшується і сумарна гальмівна сила, пропорційна зусиллю притискання колес до дороги в $\cos \alpha$ разів.

Висновки.

1. Переважна частина перевезень в аграрному секторі (до 90%) виконується по дорогах місцевого значення, які відрізняються від доріг регіонального значення меншими значеннями радіусів кривизни в горизонтальній та вертикальній площинах, більшими значеннями похилів та більш високою щільністю (приблизно у 3 рази) розташування поворотів та нахилів.

2. Висока щільність розташування непрямолінійних та негоризонтальних ділянок дороги зумовлює високу ймовірність гальмування саме на цих ділянках і обґрунтовує актуальність оцінки

при гальмуванні на нахилі, та при гальмуванні на підйомі

$$j_d = K(m \cdot j - mg \cdot \sin \alpha), \quad (10)$$

де K – коефіцієнт пропорційності;
 m – маса інерційного елемента датчика.

Підстановкою (3) у (9) та (4) у (10) отримуємо

адаптивних властивостей АБС при гальмуванні на таких ділянках.

3. Внаслідок недогальмовування коліс зовнішнього борту можливе зниження ефективності гальмування та запасу стійкості руху автомобіля. Усунення цих негативних явищ можливе за рахунок коригування параметрів алгоритмів, зокрема граничного значення γ_{∞} відносного поздовжнього ковзання в багатофазних нециклічних алгоритмах.

4. При гальмуванні на поздовжньому похилі (підйомі) вихідний сигнал датчика поздовжнього уповільнення зменшується пропорційно зменшенню сумарної гальмівної сили на колесах, що обумовлює автоматичну адаптацію процесу гальмування з АБС до поздовжнього нахилу дороги.

Список використаної літератури:

1. Ревин А.А. Тормозные свойства автомобилей с антиблокировочной системой при движении на повороте // Автомобильная промышленность. – 1983. – №1. – С.13-15.
2. Ревин А.А. АБС – путь решения проблемы оптимального торможения автомобиля // Известия ВУЗов. Машиностроение. –1983. –№5. – С.88-92.
3. Пчелин И.К., Илларионов В.А. Тормозная динамичность автомобиля с противоблокировочными устройствами // Автомобильная промышленность. – 1977. – №2. – С.13-16.
4. Гецович Е.М. Оценка чувствительности и устойчивости систем автоматического управления торможением // Известия ВУЗов. Машиностроение. – 1987. – №2. – С.84-90.

Шелудченко В.В. Оценка адаптивных свойств абс при торможении автомобилей на непрямолинейных или негоризонтальных участках дорог в аграрном секторе.

При исследованиях, посвященных созданию АБС и определению их влияния на динамику движе-

ня автомобіля при торможении, главное внимание уделялось из всего многообразия условий эксплуатации автомобилей погрузочно-сцепным условиям в контакте колес с дорожной поверхностью, то есть учитывались вертикальные реакции в пятне контакта колеса с дорогой, Тип состояние дорожной поверхности, степень износа шины, давление в шинах и др. При этом геометрические параметры дороги почти не учитывались. В данной статье рассматриваются особенности маршрутов перевозок и геометрические характеристики дорог, которые могут влиять на показатели эффективности торможения и курсовой устойчивости движения автомобилей с АБС.

Ключевые слова: маршруты перевозок, макропрофиль дорог, торможение, перераспределение загрузки, корректировка алгоритма.

Sheludchenko V. Assessment of adaptive properties of antilock system when braking the car in not straight or not horizontal roads in the agricultural sector

During the research, dedicated to the creation of the antilock system and the determination of their effect on the dynamics of the movement of the vehicle during braking, the main attention was paid from the variety of conditions of operation of vehicles loading and coupling conditions at the contact of the wheels with the road surface, that is considered the vertical reaction at the contact patch of the wheels with the road, type of road surface, the degree of wear of the tires, tire pressure and other geometrical parameters of the road was hardly addressed.

This article discusses the features of the route and the geometric characteristics of the roads, which can influence the level of braking performance and directional stability of vehicles with antilock system. Redistribution coupling capabilities of the wheels in the longitudinal and lateral directions when braking justifies the urgency of solving the tasks of estimating the adaptive properties of the antilock system braking of the rectilinear or not horizontal road segments and definition of measures to improve these properties.

Longitudinal slopes of roads affect the load on the wheels of the vehicle which determines the ratio of the braking forces on the wheels. In addition, as a sensitive element of the sensor longitudinal acceleration in the antilock systems uses the sensors of the inertial type, indications of which depend on the presence and magnitude of tilt. This may affect workflows antilock system, so the degree of influence of the sensors requires a separate study.

Keywords: route, macroprofile roads, the braking, load redistribution, correction algorithm.

Стаття надійшла в редакцію 21.09.2014р.

Рецензент: д.т.н., професор Гецович Є.М.

УДК 621.65

РОЗРАХУНОК ГІДРОДИНАМІЧНИХ КУТОВИХ МОМЕНТІВ ШПАРИННОГО УЩІЛЬНЕННЯ

С. О. Горовий, доцент Сумського національний аграрний університет

Гідродинамічні моменти радіальних та куткових гідродинамічних сил в шпаринному ущільненні відцентрового насоса мають вплив на динамічні характеристики агрегата у випадку здійснення ротором насоса сумісних радіально-кутових коливань. Кутові моменти є функціями кутів повороту ротора в ущільненні.

Ключові слова. Відцентровий насос, шпаринне ущільнення, опора-ущільнення, виток рідини, тиск рідини, напор рідини, гідродинамічні сили, моменти гідродинамічних сил.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Ряд дослідів, які були здійснені на спеціально створених стендах, підтвердили теоретичні висновки про вплив ущільнень на динамічні характеристики ротора [1, 2, 3, 4]. На сьогоднішній день існують конструктивні схеми відцентрових насосів так званої „безвальної“ конструкції, в яких робоче колесо насоса має можливість вільно самоорієнтуватися в симетричних ущільненнях, які виконують функції головних опорно-ущільнюючих вузлів з необхідними гідродинамічними параметрами [5, 6]. При цьому робоче колесо здійснює вимушені радіально – куткові коливання під дією гідродинамічних сил та їх моментів в межах радіальних зазорів ущільнень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Роботи багатьох науковців були присвячені дослідженню структури гідродинамічних сил та моментів у безконтактних ущільненнях протічної частини. Розрахункові та дослідні дані, що зумовлюють величини та напрями сил, докладно наведені в роботах [1, 2]. Гідродинамічні сили в ущільненнях можуть бути причиною руйнівних автоколивань ротора, або стабілізувати останній та суттєво зменшити віброактивність агрегату в цілому [3, 4]. Цілеспрямована оптимізація вібраційних параметрів відцентрових насосів реалізується шляхом вдосконалення динамічних характеристик ротора з урахуванням гідродинамічних процесів, що мають місце в розвиненій системі шпаринних ущільнень між ротором та статором [7]. Гладкі шпаринні ущільнення дифу-