

Є. М. ГЕЦОВИЧ, д-р техн. наук, ХНАДУ (м. Харків),
В.В. ШЕЛУДЧЕНКО, СНАУ (м. Суми),
А.І. БОНДАРЕНКО, канд. техн. наук, НТУ “ХПІ”

ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ

Приведены и проанализированы результаты моделирования торможения автомобиля с АБС (широотно-импульсная модуляция) на участках дороги различной кривизны при постоянных и переменных значениях коэффициентов чувствительности и пробного воздействия.

Results of modulation of braking car with ABS (latitudinal pulse modulation) on the areas of road of different curvature both at the permanent values of coefficient sensitiveness and trial influence and at variables are resulted and analysed.

Вступ. По існуючим міжнародним нормам сьогодні в обов'язковому порядку повинні обладнуватись антиблокувальною системою (АБС) вантажні автомобілі вагою більше 3 тонн [1]. На жаль, сучасні АБС не завжди виконують, за певних дорожніх умов, покладені на них функції. В даний момент гостро стоїть проблема у виборі працездатної АБС для вантажних автомобілів, задіяних в аграрному секторі, де коефіцієнт зчеплення колеса з дорожньою поверхнею змінюється в межах 0,2 – 0,8, крім цього дороги характеризуються високою кривизною.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. У літературі [2, 3] доведено, що оптимальною з точки зору адаптивних властивостей та працездатності є АБС з широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ).

В роботах [4-6] зазначено, що при гальмуванні легкового автомобіля з АБС з ШІМ при використанні змінних значень коефіцієнтів пробної дії K_n та чутливості K_h спостерігається суттєве зниження гальмівного шляху S_T , курсового кута ψ та відхилення центру мас автомобіля від заданої траєкторії Δ в порівнянні з варіантом, коли ці ж коефіцієнти є постійними.

Мета та постановка задачі. Метою даної роботи є перевірка доцільності обладнання вантажних автомобілів, задіяних в аграрному секторі, АБС з ШІМ з використанням змінних значень коефіцієнтів пробної дії та чутливості. Для цього необхідно змодельовати процес гальмування автомобіля на ділянках дороги різної кривизни при постійних та змінних значеннях коефіцієнтів чутливості, пробної дії та зробити висновки.

Підвищення безпеки дорожнього руху в аграрному секторі. При моделюванні процесу гальмування автомобіля розглядалися наступні варіанти: гальмування автомобіля з АБС в повороті радіусом – 30 м з початкової швидкості 40 км/год.; гальмування автомобіля з АБС в повороті радіусом – 60 м з початкової швидкості 40, 60 км/год.; гальмування

автомобіля з АБС в повороті радіусом – 125 м з початкової швидкості 40, 60, 90 км/год. при різноманітних значеннях коефіцієнта зчеплення – $\varphi_{x \max}$.

Результати математичного моделювання гальмуванні автомобіля з АБС при $K_n = const$, $K_h = const$ та різних радіусах кривизни дороги наведені в табл. та на рис. 1 – 6.

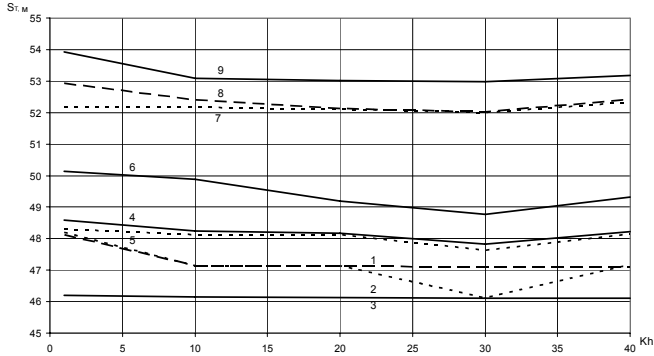


Рисунок 1 – Залежність гальмівного шляху S_T від коефіцієнта чутливості K_h

($\varphi_{x \max} = 0,2$, вага автомобіля мінімальна, $V=11,1$ м/с):

- 1 – $K_n = 1,5$, $R = 125$ м; 2 – $K_n = 2,25$, $R = 125$ м; 3 – $K_n = 3$, $R = 125$ м;
- 4 – $K_n = 1,5$, $R = 60$ м; 5 – $K_n = 2,25$, $R = 60$ м; 6 – $K_n = 3$, $R = 60$ м;
- 7 – $K_n = 1,5$, $R = 30$; 8 – $K_n = 2,25$, $R = 30$ м; 9 – $K_n = 3$, $R = 30$ м.

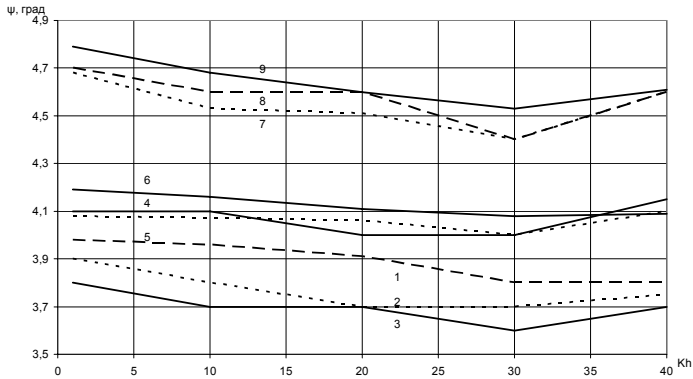


Рисунок 2 – Залежність ψ від коефіцієнта чутливості K_h

($\varphi_{x \max} = 0,2$, вага автомобіля мінімальна, $V=11,1$ м/с):

- 1 – $K_n = 1,5$, $R = 125$ м; 2 – $K_n = 2,25$, $R = 125$ м; 3 – $K_n = 3$, $R = 125$ м;
- 4 – $K_n = 1,5$, $R = 60$ м; 5 – $K_n = 2,25$, $R = 60$ м; 6 – $K_n = 3$, $R = 60$ м;
- 7 – $K_n = 1,5$, $R = 30$; 8 – $K_n = 2,25$, $R = 30$ м; 9 – $K_n = 3$, $R = 30$ м.

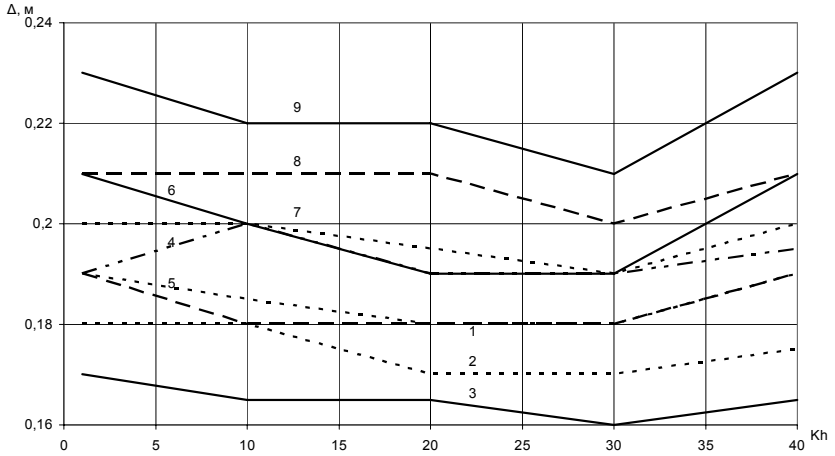


Рисунок 3 – Залежність Δ від коефіцієнта чутливості K_h

($\varphi_{x \max} = 0,2$, вага автомобіля мінімальна, $V=11,1$ м/с):

1 – $K_n = 1,5$, $R = 125$ м; 2 – $K_n = 2,25$, $R = 125$ м; 3 – $K_n = 3$, $R = 125$ м;

4 – $K_n = 1,5$, $R = 60$ м; 5 – $K_n = 2,25$, $R = 60$ м; 6 – $K_n = 3$, $R = 60$ м;

7 – $K_n = 1,5$, $R = 30$; 8 – $K_n = 2,25$, $R = 30$ м; 9 – $K_n = 3$, $R = 30$ м.

Ст. м

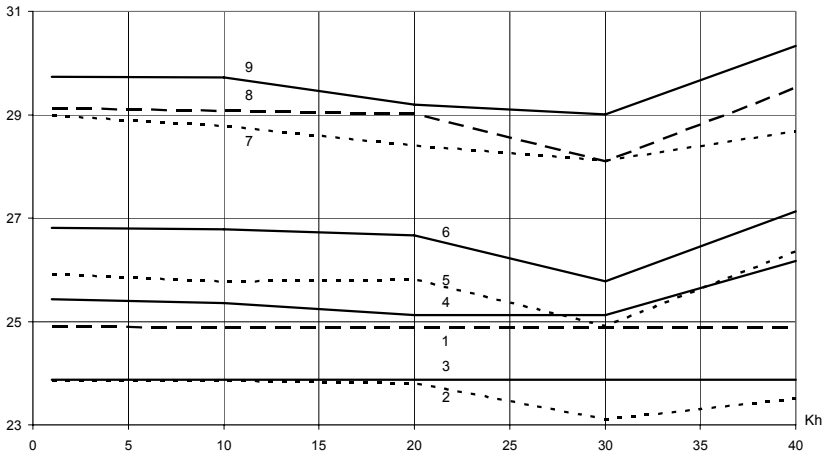


Рисунок 4 – Залежність гальмівного шляху S_T від коефіцієнта чутливості K_h

($\varphi_{x \max} = 0,45$, вага автомобіля 175000 Н, $V=11,1$ м/с):

1 – $K_n = 1,5$, $R = 125$ м; 2 – $K_n = 2,25$, $R = 125$ м; 3 – $K_n = 3$, $R = 125$ м;

4 – $K_n = 1,5$, $R = 60$ м; 5 – $K_n = 2,25$, $R = 60$ м; 6 – $K_n = 3$, $R = 60$ м;

7 – $K_n = 1,5$, $R = 30$; 8 – $K_n = 2,25$, $R = 30$ м; 9 – $K_n = 3$, $R = 30$ м.

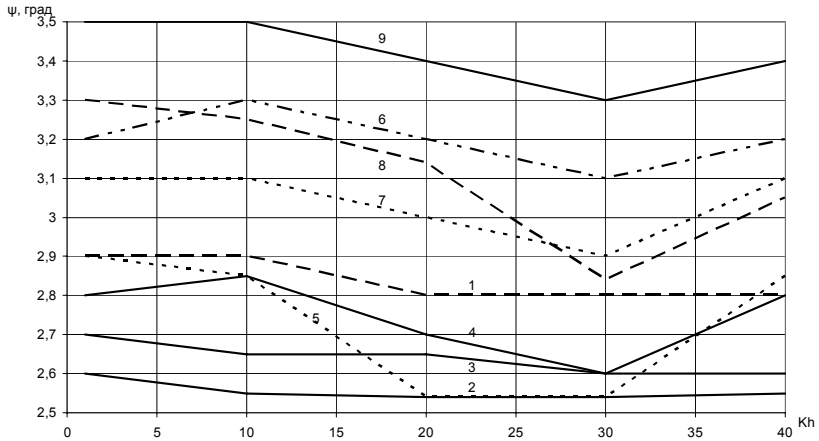


Рисунок 5 – Залежність ψ від коефіцієнта чутливості K_h

($\varphi_{x \max} = 0,45$, вага автомобіля 175000 Н, $V=11,1$ м/с):

1 – $K_n = 1,5$, $R = 125$ м; 2 – $K_n = 2,25$, $R = 125$ м; 3 – $K_n = 3$, $R = 125$ м;

4 – $K_n = 1,5$, $R = 60$ м; 5 – $K_n = 2,25$, $R = 60$ м; 6 – $K_n = 3$, $R = 60$ м;

7 – $K_n = 1,5$, $R = 30$; 8 – $K_n = 2,25$, $R = 30$ м; 9 – $K_n = 3$, $R = 30$ м.

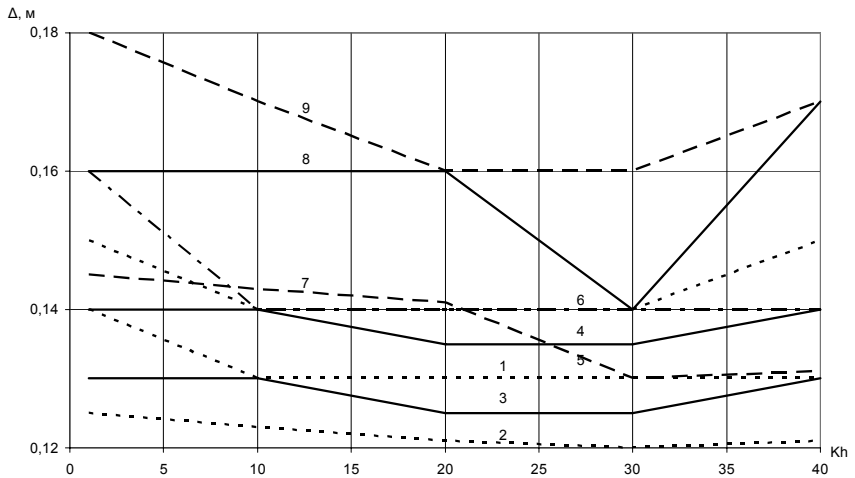


Рисунок 6 – Залежність Δ від коефіцієнта чутливості K_h

($\varphi_{x \max} = 0,45$, вага автомобіля 175000 Н, $V=11,1$ м/с):

1 – $K_n = 1,5$, $R = 125$ м; 2 – $K_n = 2,25$, $R = 125$ м; 3 – $K_n = 3$, $R = 125$ м;

4 – $K_n = 1,5$, $R = 60$ м; 5 – $K_n = 2,25$, $R = 60$ м; 6 – $K_n = 3$, $R = 60$ м;

7 – $K_n = 1,5$, $R = 30$; 8 – $K_n = 2,25$, $R = 30$ м; 9 – $K_n = 3$, $R = 30$ м.

Таблиця 1 – Результати розрахунків при гальмуванні автомобіля з АБС

R = 125 м						
V, м/с	S _T , м	ψ, град	Δ, м	S _T , м	ψ, град	Δ, м
$K_n = \text{var}, K_h = 30$			$K_n = \text{const}, K_h = \text{const}$ (мінімальні значення)			
φ _{x max} = 0,2, вага автомобіля мінімальна						
11,1	44,32	3,5	0,15	46,12	3,6	0,16
φ _{x max} = 0,45, вага автомобіля 175000 Н						
11,1	22,23	2,51	0,11	23,1	2,54	0,12
16,66	41,32	3,9	0,181	50,91	4,1	0,196
φ _{x max} = 0,8, вага автомобіля максимальна						
11,1	15,1	1,49	0,11	15,4	1,56	0,113
16,66	26,2	3,0	0,138	31,98	3,1	0,141
25	79,1	4,31	0,21	91,82	4,52	0,223
R = 60 м						
φ _{x max} = 0,2, вага автомобіля мінімальна						
11,1	44,71	3,7	0,17	47,62	4	0,18
φ _{x max} = 0,45, вага автомобіля 175000 Н						
11,1	23,13	2,53	0,12	24,91	2,54	0,13
16,66	42,21	4,0	0,191	52,11	4,3	0,205
φ _{x max} = 0,8, вага автомобіля максимальна						
11,1	16,0	1,51	0,115	18,1	1,7	0,12
16,66	27,8	3,1	0,145	33,7	3,3	0,16
R = 30 м						
φ _{x max} = 0,2, вага автомобіля мінімальна						
11,1	45,7	3,9	0,18	52	4,4	0,19
φ _{x max} = 0,45, вага автомобіля 175000 Н						
11,1	24,8	2,62	0,13	28,09	2,84	0,14
φ _{x max} = 0,8, вага автомобіля максимальна						
11,1	17,1	1,7	0,12	20,1	2	0,13

В результаті моделювання було отримано, що найменше значення гальмівного шляху, курсового кута та відхилення центру мас автомобіля від заданої траєкторії спостерігається при $K_h = 20 \div 30$, але при різних значеннях K_n (рис. 1 – 6).

Для підвищення гальмівної ефективності, зменшення курсового кута та зниження відхилення центру мас автомобіля від заданої траєкторії в разі

екстреного гальмування автомобіля з АБС пропонується використовувати $K_n = f(S, j_a, j_b)$ [4]:

$$K_{nij} = K_{n0} - a \cdot S_{ij} + b \cdot j_a + c \cdot j_b \pm d \cdot j_b, \quad (1)$$

де i – номер осі;

j – номер борта;

K_{n0} – початкове значення коефіцієнту пробної дії;

a, b – постійні коефіцієнти для коректування K_{nij} залежно від зчпних умов (характеру залежності $\varphi_x = \varphi_x(S)$);

S_{ij} – відносне повздовжнє ковзання колеса;

j_a, j_b – повздовжнє та поперечне прискорення автомобіля;

c – постійний коефіцієнт, що враховує зміну навантажень на колеса по осях колісної машини під дією повздовжньої сили інерції;

d – постійний коефіцієнт, що враховує зміну навантажень на колеса по бортах колісної машини під дією поперечної сили інерції.

У рівнянні (1) знак «+» – для коліс зовнішнього борта, «-» – для коліс внутрішнього борта автомобіля.

Результати моделювання процесу гальмування автомобіля з АБС при $K_n = 30$, $K_{nij} = 1,8 - 11 \cdot S_{ij} + 0,32 \cdot j_a \pm 0,12 \cdot j_b$ [4] наведені в табл.

Висновки. За результатами розрахунків (табл.) було встановлено, що використання змінного коефіцієнту пробної дії при гальмуванні автомобіля на криволінійній ділянці з АБС з ШПМ дозволяє досягти зниження значення гальмівного шляху на 1,95 – 19%, курсового кута на 0,39 – 15% та відхилення центру мас автомобіля від заданої траєкторії на 2,12 – 9,37% в порівнянні з варіантом, коли $K_n = \text{const}$.

Список літератури: 1. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении торможения. Правила Европейской Экономической Комиссии ООН №13. – Женева, 1999 2. *Северин А.А.* Совершенствование исполнительной части антиблокировочной системы автомобилей с пневматическим тормозным приводом: дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.05.03 “Автомобили и тракторы” / Северин Александр Александрович. – Харьков, 1985. – 217с. 3. *Бондаренко А.И.* Удосконалення процесів модуляції тиску в пневматичному гальмівному приводі автомобілів: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.02 “Автомобілі та трактори” / Бондаренко Анатолій Ігорович. – Харьков, 2010. – 203с. 4. Пат. на винахід 87699 Україна, МПК В 60 Т 8/00. Процес автоматичного керування гальмуванням колісної машини/ *С.М. Гецович, С.Г. Селевич, В.В. Шелудченко*; заявник та патентообладач С.М. Гецович, С.Г. Селевич, В.В. Шелудченко (Україна). – № а 2007 02590; заявл. 12.03.07; опубл. 10.08.09, Бюл. № 15. 5. *Гецович Е.М.* Выбор коэффициентов пробных воздействий в адаптивных автоматических системах управления автомобилем / Гецович Е.М., Постный В.А., Струков А.С. // Механіка та машинобудування. – 2004. – №2. – 4 с. 6. *Гецович Е.М.* Выбор коэффициента чувствительности алгоритма функционирования АБС / Гецович Е.М., Селевич С.Г. // Вестник НТУ “ХПИ” “Автомобиле- и тракторостроение”. – 2007. – № 12. – 5 с.

Поступила в редколлегию 21.09.10