



VLIV SNÍŽENÍ RADIÁLNÍ REAKCE VOZIDLOVÉHO KOLA NA STABILITU AUTOMOBILU PŘI JEDNODUCHÉ ZMĚNĚ JÍZDNÍHO SMĚRU

THE EFFECT OF A REDUCTION IN THE RADIAL REACTION OF THE VEHICLE WHEEL ON THE STABILITY OF THE CAR DURING A SIMPLE CHANGE OF DIRECTION

Petr Jilek^{1,*}

Abstrakt

Příspěvek se zabývá vzájemným porovnáním rozdílů v chování automobilu při dosažení snížené adhezní síly pomocí skluzového rámu a při jízdě na skluzovém povrchu. Autor se zabývá možností přivedení silničního vozidla na hranici smyku, a to při bezpečné rychlosti. Navození smyku vozidla je docíleno snížením adhezní síly na vozidlových kolech vlivem snížení radiální reakce na příslušných vozidlových kolech. Cílem příspěvku je porovnat případné odlišnosti v chování experimentálního vozidla se systémem skluzového rámu vůči jízdě experimentálního vozidla na skluzovém povrchu. V obou případech je monitorován pohyb vozidla za snížené adhezní síly. Ke snížení adhezní síly došlo při použití skluzového rámu za pomoci snížení radiální reakce na vozidlových kolech, ve druhém případě byla adhezní síla snížena poklesem součinitele adheze. Tedy vozidlo se pohybovalo na skluzovém povrchu. Skluzový rám je pomocné zařízení se čtyřmi podpěrnými koly, který je připevněn k vozidlu. Pomocí hydraulického posunu podpěrných kol je možné snížit radiální reakce přenášené vozidlovými koly. Pro snížení adhezní síly přenášené vozidlovými koly je část dané radiální reakce vozidlového kola přenášena pomocí přidavných podpěrných kol. Skluzový povrch je speciálně upravený prostor, kde povrch tvoří speciální folie, která při skrápění vodou má výrazně nižší součinitel adheze než klasický živičný povrch. Při zpracování příspěvku byla provedena experimentální měření pro oba jízdní režimy, která byla vzájemně porovnána. Za jízdní zkoušku byl zvolen vyhýbací manévr mezi kužely. Systém Alternativního SkidCaru napomáhá ke vzniku libovolného druhu smyku vzhledem k podélné, tak i příčné rovině vozidla, kterého na skluzovém povrchu není možné dosáhnout. Alternativní SkidCar má své uplatnění v oblasti jako prvotní nástroj k ověřování nově vyvíjených elektronických systémů automobilu a ke zvyšování bezpečnosti silničního provozu při výcviku řidičů. Při sestavení zkušebního koridoru pro systém Alternativního SkidCaru došlo k úpravě oproti skluzovému povrchu. Protože Alternativní SkidCar přesahuje půdorys vozidla, museli jsme za tímto účelem uzpůsobit sestavení koridoru oproti skluzovému povrchu. Z vyhodnocení naměřených průběhů je patrné, že systém Alternativní SkidCaru je možné použít pro změnu adhezní síly přenášené vozidlovými koly. Hmotnost rámu ASC dosahuje ¼ pohotovostní hmotnosti automobilu, proto výsledné naměřené charakteristiky nabývají mírně odlišných průběhů, přesto je ale použitelný.

Klíčová slova *stabilita vozidla, smyk, SkidCar, skluzový povrch*

¹ Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Výukové a výzkumné centrum v dopravě, Studentská 95, 532 10 Pardubice, Česko

Korespondenční autor: email: petr.jilek@upce.cz

Summary

The paper deals with a mutual comparison of the differences in the car's behavior when achieving a reduced adhesion force using a sliding frame and when driving on a slippery surface. The author deals with the possibility of bringing a road vehicle to the limit of skidding, at a safe speed. The aim of this paper aims differences in the behavior of the experimental vehicle with the slip frame system against the behaviour of the experimental vehicle on the slip surface. In both cases, the vehicle motion under reduced adhesion force is monitored. The reduction of the adhesion force occurred when using the sliding frame with the help of a reduction of the radial reaction on the vehicle wheels, in the second case the adhesion force was reduced by a decrease in the coefficient of adhesion. So, the vehicle was moving on a slippery surface. The skid frame is an auxiliary device with four support wheels attached to the attached. By means of hydraulic disposing the support wheels, the radial reactions transmitted by the vehicle wheels can be reduced. In order to reduce the adToe transmitted by the vehicle wheels, part of the given radial reaction of the vehicle wheel is transmitted by the additional support wheels. A slip surface is a specially treated area where the surface is a special film character when scraped by water, has a significantly lower coefficient of adhesion than a conventional bituminous surface. In the preparation of this paper, experimental measurements were made for both driving modes and compared with each other. An avoidance maneuver between cones maneuver as the driving test. The Alternative SkidCar system helps to create any kind of skidding with respect to both longitudinal and transverse planes of the vehicle, which is not achievable on a skid surface. Alternative SkidCar has its application in the field as an initial tool to validate newly developed electronic vehicle systems and to improve road safety in driver training. In the construction of the test corridor for the Alternative SkidCar system, a modification was made to the slip resistant surface. As the Alternative SkidCar extends beyond the footprint of the vehicle, we had to adapt the corridor layout to the slip surface for this purpose. Evaluation of the measured waveforms shows that the Alternative SkidCar system can be used to modify the adhesion force transmitted by the vehicle wheels. The weight of the ASC frame is $\frac{1}{4}$ of the kerb weight of the car, tcurbfore the resulting measured characteristics take slightly different waveforms, but it is still applicable.

Keywords vehicle stability, skidding, SkidCar, skid surface

1 ÚVOD

Důležitými prvky pro bezpečnost silničního provozu jsou systémy, které napomáhají udržení jízdní stability vozidla. Při porušení stability vozidla dochází ke vzniku smyku. V dnešní době se klade stále větší důraz na autonomní řízení automobilů. Pro autonomní řízení je třeba automobil doplnit řadou elektronických systémů. Právě na vývoj těchto systémů jsou vynakládány nemalé finanční prostředky. Současně je nutné tyto vyvíjené systémy testovat co do jejich správné činnosti a životnosti (Harun et al., 2017). Proces testování je nutné doplnit o nepřetržité monitorování všech elektronických systémů automobilu (Stopka et al., 2020).

Rychlost, při které vzniká smyk je dána konstrukcí vozidla, stavem pneumatik, adhezními podmínkami, stylem jízdy, dynamikou jízdy a rozložením hmotnosti vozidla (Rievaj et al., 2018) a v neposlední řadě správně provedou údržbou (Šarkan et al., 2018). Z výše uvedeného důvodu se silniční vozidla testují především na stabilitu v příčném směru, tedy na odolnost vůči příčnému smyku nebo překlopení. Pro potřeby testování jsou ideální reálné podmínky, ale ne vždy je možné těchto podmínek využít.

Na Dopravní fakultě se připravuje experimentální testování systému aktivního natáčení kol zadní nápravy silničního vozidla jako alternativa k systému ESP. Proto je třeba vytvořit podmínky pro ladění systému natáčení všech kol, tak, aby bylo u vozidla možné navodit libovolný typ smyku při bezpečné cestovní rychlosti. Změnu adhezní síly je možné realizovat za pomoci snížení součinitele adheze, a to pomocí speciálních pneumatik (Albinsson, et al., 2019, Gao, et al., 2019) nebo speciálního povrchu (Lucet, et al., 2019, Šarkan, et al., 2018). Druhou možností pro snížení adhezní síly mezi vozidlovým kolem a vozovkou je snížení radiální reakce na vozidlových kolech. Tohoto snížení je možné dosáhnout za pomoci přídavných koleček. V komerční sféře se tento systém nazývá SkidCar.

2 PŘÍPRAVA A REALIZACE EXPERIMENTÁLNÍHO MĚŘENÍ

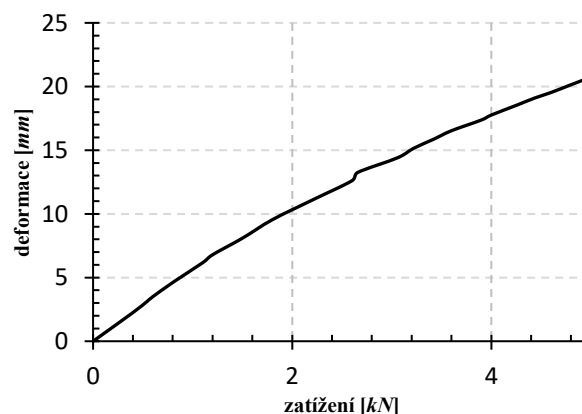
Komerčně prodávaný SkidCar je zařízení, které se skládá z nosného rámu, hydraulického okruhu a řídicího elektronického systému. Rám je vždy vyroben přímo pro konkrétní typ vozidla a není možné jej použít na jiné vozidlo. Protože systém řízení kol zadní nápravy je realizován na individuální stavbě experimentálního vozidla (Jilek, 2014), bylo přistoupeno k vlastní výrobě obdoby komerčního SkidCaru. Přídavný rám je připevněn ke karoserii experimentálního vozidla. Příčnick s předními kolovými jednotkami je umístěn za osou přední nápravy, zadní příčnick s kolovými jednotkami před osou zadní nápravy. Takovéto umístění je odlišné od komerčního SkidCaru a je záměrné. Důvodem je snazší klonění karoserie v podélném směru. Změna radiální reakce přenášené vozidlovými koly je nastavena před experimentálním měření, a to hydraulickým vysunutím kolové jednotky. Na základě výše uvedených odlišností sestaveného systému (obr. 1) od komerčně dostupného CkidCaru, je nazýván tento systém Alternativní SkidCar (ASC).



Obr. 1 Experimentální vozidlo se systémem ASC; zdroj: autor

Z interních neveřejných podkladů návrhu experimentálního vozidla je patrné, že rám ASC je dostatečně tuhý. Proto veškeré pohyby karoserie jsou realizovány na základě radiální pružnosti pneumatik přídavných kol. Deformační charakteristiku pneumatik podpěrných jednotek je stanovena na statickém adhezoru (obr. 2). Zjišťování probíhalo na základě postupného zatěžování svislou silou. Pro předem dané zatížení byla odečtena svislá poloha ramena statického adhezoru, velikost radiální deformace. Deformační charakteristika je patrná na obr. 2 a je popsána dle (1) na intervalu spolehlivosti, kde je koeficient determinace $R^2 = 0,9996$.

$$y = -0,3441x^2 + 5,8352x \quad (1)$$



Obr. 2 Deformační charakteristika kolových jednotek Alternativního SkidCaru; zdroj: autor

Za mezní stav jízdní zkoušky je považován příčný smyk vozidla. Ke smyku vozidla dojde právě tehdy, když příčná síla je větší než boční síla přenášená mezi pneumatikami a vozovkou (Krmela et al. 2014). Velikost kontaktní síly je dána vektorem maximální adhezní síly. Adhezní sílu se dá snížit za pomoci snížení součinitele adheze nebo poklesem radiální reakce, případně obou současně, jak je uvedeno ve vztahu (2).

$$F_{ad,y} = (G \cdot \cos \beta + F_o \cdot \sin \beta) \cdot \varphi \quad (2)$$

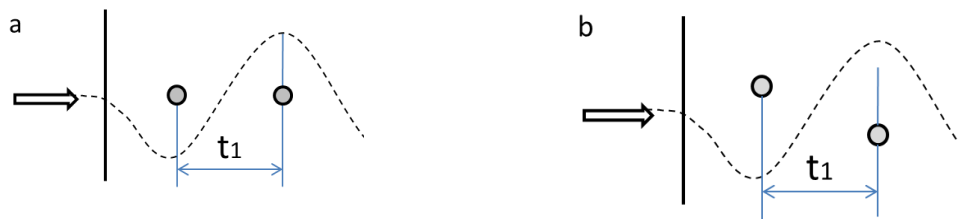
kde $F_{ad,y}$ je boční síla, F_o je odstředivá síla, G je gravitační síla, φ je součinitel adheze a β je příčný sklon vozovky.

Pro vzájemné porovnání chování vozidla s ASC a skluzového povrchu byla zvolena jízdní zkouška v podobě změny jízdní dráhy. Následně bylo provedeno porovnání naměřených průběhů experimentálního vozidla doplněného systémem ASC s jízdou experimentálního vozidla po skluzovém povrchu. Cílem zkoušky je, aby vozidlo projelo vytyčeným koridorem mezi kužely předem definovanou rychlostí. Rychlost, kterou musí vozidlo projet vytyčeným je rychlostí těsně před vznikem smyku. V provedení jízdního koridoru ASC byl koridor oproti skluzovému povrchu rozšířen. Důvodem je skutečnost, že ASC přesahuje půdorys vozidla (obr. 3). Jízdní zkouška byla realizována pro 50% radiální reakce na vozidlových kolech. Dle vyjádření výrobce, je právě součinitel adheze skluzového povrchu o 50 % nižší, než je tomu u suchého asfaltu.

Určení úhlu natočení volantu je měřeno nepřímou metodou, kdy se vypočte z délky vysunutí lanka lankového snímače, které se navíjí na předem vytvořenou válcovou plochu na sloupku volantu.

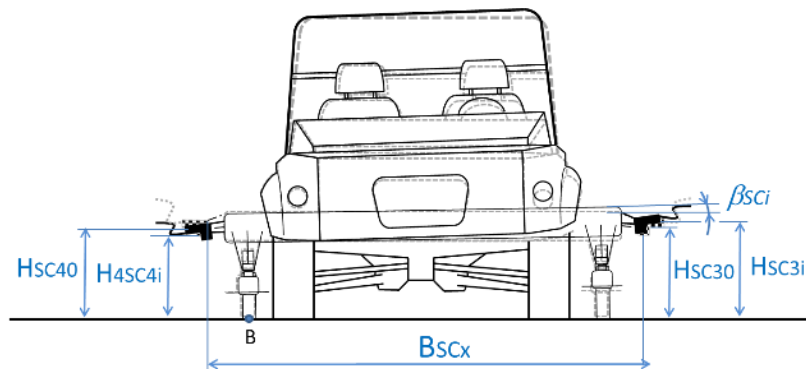
$$\beta_v = \frac{180 \cdot l_l}{\pi \cdot r_v} - \beta_{v0} \quad (3)$$

kde β_v je aktuální úhel natočení volantu, β_{v0} je úhel natočení volantu při kompenzačním měření, l_l je vysunutí lanka snímače a r_v je poloměr válcové plochy sloupku řízení.



Obr. 3 Provedení zkušební koridoru, t_1 je podélná vzdálenost kuželů, a – skluzový povrch, b – ASC; zdroj: autor

Pro vzájemné porovnání chování vozidla při jízdní zkoušce byly měřeny následující veličiny. Rychlost v , úhel směrové úchylky φ a rychlost stáčení vozidla ω měřené pomocí snímače Correvit. Příčné a_y a podélné a_x zrychlení měřeno za pomoci dvouosého snímače zrychlení. Úhel natočení volantu β_v vypočten dle (3) v závislosti na vysunutí lanka snímače navíjeného na sloupek volantu. Úhel klopení karoserie β_i vypočten z průběhu dvojice signálů ultrazvukových snímačů vzdálenosti umístěných v těžištní rovině po stranách vozidla (obr. 4). Podrobnosti k měřicímu řetězci jsou zpracovány v (Jilek a Voltr, 2017).



Obr. 4 Osazení vozidla snímači; zdroj: autor

Před zahájením experimentálního měření ve vytyčeném koridoru bylo realizováno kompenzační měření. Toto měření slouží k ověření funkčnosti měřícího řetězce a ke získání souboru kompenzačních hodnot měřených veličin. Soubor kompenzačních dat popisuje výchozí stav vozidla, eliminuje nepřesnost při montáži snímačů a slouží pro off-time korekci naměřených průběhů. Kompenzační měření taktéž eliminuje výchozí stav postavení karoserie při změně radiálních reakcí na vozidlových kolech je realizováno v podobě deseti opakovaných měření v přímé ustálené jízdě v obou směrech na dráze 50 m. Takto se získaly kvazistatické průběhy měřených veličin pro přímou jízdu po vodorovné vozovce (značených indexem o). Takto jsme získali průběh podélného a_{x0} a příčného zrychlení a_{y0} , výškové souřadnice levé H_{SC30} a pravé H_{SC40} části rámu ASC, výškové souřadnice levé H_{30} a pravé H_{40} strany karoserie, směrovou úchylku φ_0 , stáčivou rychlost ω_0 a úhel natočení volantu β_{v0} , které byly použity pro off-time korekci naměřených průběhů z jízdních zkoušek.

Úhel klopení karoserie experimentálního vozidla byl vypočten dle vztahu (4), kde H_{SC3i} (H_{SC4i}) je svislá vzdálenost měřícího místa od vozovky na levé (pravé) straně rámu ASC v čase t_i , B_{SCx} je vzájemná vzdálenost měřících bodů v příčné rovině rámu ASC, H_{SC30} (H_{SC40}) je vzdálenost měřícího bodu na levé (pravé) straně rámu ASC od vozovky při kompenzačním měření. Obdobně platí i pro experimentální vozidlo na skluzovém povrchu se klopení karoserie určí dle vztahu (5). Kde β_i je úhel klopení karoserie, H_{3i} (H_{4i}) je svislá vzdálenost umístění snímačů na levé (pravé) straně karoserie, B_x je příčná vzdálenost měřících bodů na karoserii H_{30} (H_{40}) při kompenzačním měření.

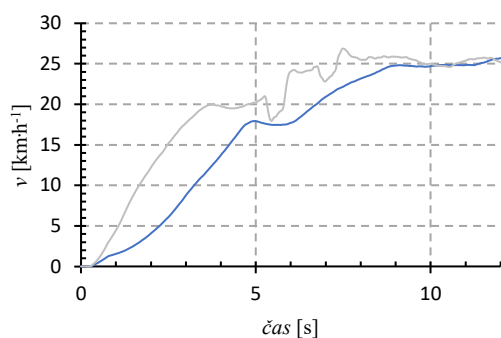
$$\beta_{SCi} = \tan^{-1} \left(\frac{(H_{SC3i} - H_{SC30}) - (H_{SC4i} - H_{SC40})}{B_{SCx}} \right) \quad (4)$$

$$\beta_i = \tan^{-1} \left(\frac{(H_{3i} - H_{30}) - (H_{4i} - H_{40})}{B_x} \right) \quad (5)$$

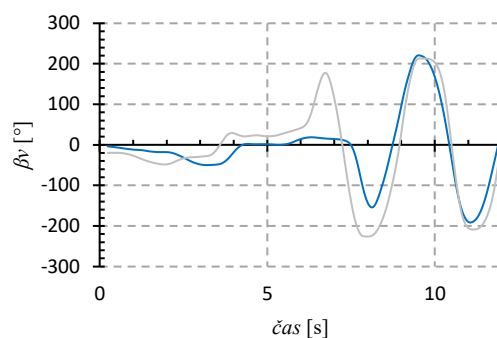
Každé experimentální měření pro potřeby opakovatelnosti a vyloučení náhodných vlivů bylo realizováno 10x, kdy na základě korelační analýzy byla zjištěna podobnost těchto průběhů. Signály, které byly mimo podobnost s ostatními průběhy z měřené série byly nahrazeny novým měřením. Naměřené průběhy ultrazvukových snímačů vzdálenosti (H_{3i} , H_{SC3i} , H_{4i} , H_{SC4i}) společně se signály ze snímačů podélného a příčného zrychlení společně s rychlostí stáčení vozidla a uhlovou směrovou úchylkou byly vyhlazeny pomocí plovoucího průměru na časovém intervalu $t = 0,2$ s a následně byla provedena off-time korekce dle hodnot získaných při kompenzačním měření. Pro jízdu automobilu do pravotočivé zatáčky platí, že úhel natočení volantu β_v , příčné zrychlení a_y , úhel klopení karoserie β_i , poloha pravé strany rámu ASC H_{SC4i} nabývají kladných hodnot. Stáčivá rychlost ω , směrová úchylka φ , poloha levé strany rámu ASC H_{SC3i} , úhel stáčení vozidla Ψ , dosahují záporných hodnot.

3 ZHODNOCENÍ EXPERIMENTÁLNÍHO MĚŘENÍ

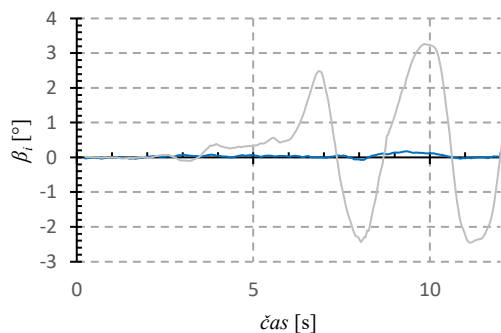
U průběhů naměřených veličin jsou v intervalu před rozjezdem vozidla hodnoty, které jsou způsobeny polohou vozidla vlivem jeho přistavení k experimentálnímu měření. Především poloha karoserie vozidla není v rovnovážné poloze. Rozdílný výchozí sklon karoserie před vjezdem do jízdního koridoru je způsoben hysterezí použitých pryžových dílů v konstrukci podvozku a současně působícími silami vyvolanými zastavením vozidla provozní brzdou. Vlivem omezeného prostoru a tím krátkého zkušebního koridoru při rozjezdu experimentálního vozidla dochází k rychlému nárůstu podélného zrychlení. Následně v podvěsech vozidla vznikne obdobné předpětí jako při brzdění a karoserie není v rovnovážné poloze. Proto měřené veličiny jsou vyhodnoceny v časovém intervalu až po vjezdu vozidla do zkušebního koridoru.



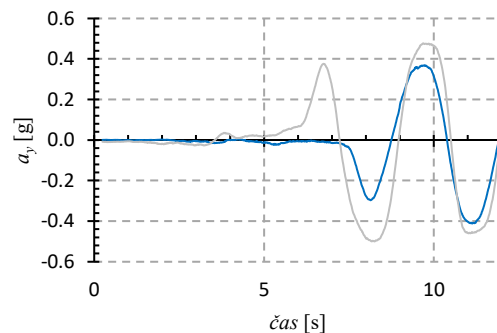
Obr. 5 Podélná rychlost v , – EX; – ASC; zdroj: autor



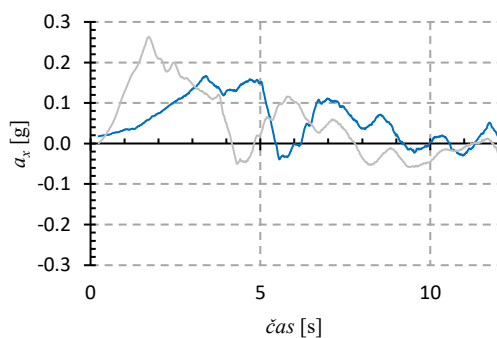
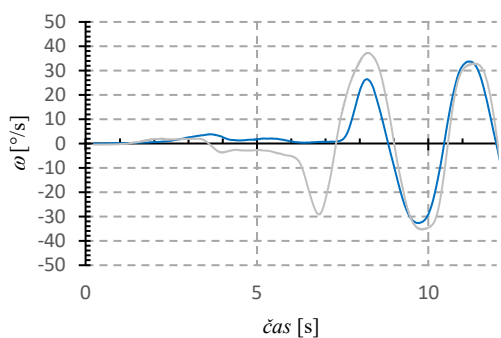
Obr. 6 Úhel natočení volantu β_v , – EX; – ASC; zdroj: autor



Obr.7 Úhel klopení karoserie β_i , – EX; – ASC; zdroj: autor



Obr. 8 Příčné zrychlení a_y , – EX; – ASC; zdroj: autor



Obr. 9 Stáčivá rychlost ω , – EX; – ASC; zdroj: autorObr. 10 Podélné zrychlení a_x , – EX; – ASC; zdroj: autor

Rozdíl v průbězích rychlostí průjezdu koridorem (obr. 5) je způsoben řidičem. Řidič vnímal rychlost na základě subjektivního vnímání, protože digitálním panel byl umístěn mimo zorné pole. Průběh úhlu natočení volantu β_v je dán opět subjektivním vnímáním daného koridoru řidičem (obr. 6). I přes subjektivní vnímání chování automobilu je průběh natočení volantu v obou jízdních zkouškách srovnatelný. Z naměřeného průběhu podélného zrychlení a_x je patrné, že během jízdní zkoušky vozidlo nejelo konstantní rychlostí. Příčinou je, že při rostoucích úhlech rejdu natočení vozidlových kol dochází k nárůstu jízdních odporů vozidlových kol. Udržení konstantní rychlosti bylo realizováno korekcí na pedál akcelérátoru. Toto platí pro oba typy jízdních zkoušek.

Úhel klopení karoserie β_i (obr. 7) koresponduje hodnotami změny svislé polohy na bocích rámu ASC. Klopení karoserie je omezeno vlivem použití rámu Alternativního SkidCaru (obr. 3) a je dáno tuhostí pneumatik na kolech ASC. Tímto dojde významnému omezení funkce pérování vozidla a pohyb karoserie je významně omezen oproti experimentálnímu vozidlu na skluzovém povrchu.

Velikost příčného zrychlení a_y (obr. 8) je u ASC nižší než u experimentálního vozidla EX. Odstředivá síla vlivem použití rámu ASC nezpůsobí klopení karoserie a tím i přitěžování vnějších vozidlových kol. Klopny moment karoserie je zachycen vnějšími koly ASC a nedojde k přitížení vnějších vozidlových kol. Vlivem použití rámu ASC je změna radiální rekce na vozidlových kolech způsobená dynamikou jízdy (Caban et al., 2022) v porovnání se skluzovým povrchem velmi malá. Proto se vozidlo dostane snadněji do smyku. Blížkost hranice smyku je patrná i ze vzájemně obdobných průběhů natočení volantu β_v . Obdobně platí i pro průběhy stáčivé rychlosti ω (obr. 9). Změna podélného zrychlení a_x (obr. 10) je způsobena rozjezdem vozidla před najetím do jízdního koridoru experimentální zkoušky. Je způsobeno omezeným prostorem pro realizaci experimentálního měření.

Z experimentálně naměřených dat jízdních zkoušek se potvrdilo, že pomocí přídatných kolových jednotek je možné snížením tíhové složky připadající na kola vozidla snížit adhezní sílu mezi vozidlovými koly a vozovkou. A to při nezměněné velikosti součinitele adheze. Naměřené průběhy charakteristických veličin jsou při porovnání ASC se skluzovým povrchem srovnatelné. Významný rozdíl nastává pouze v úhlu klopení karoserie experimentálního automobilu. Současně při jízdě na skluzovém povrchu platí, že při klesající adhezní síle přenášené koly vozidla se klopení karoserie zmenšuje, a tedy rozdíl v úhlu naklopení karoserie mezi experimentálním vozidlem a experimentálním vozidlem se systémem SW se snižuje. Pro vyloučení subjektivního vlivu řidiče je možné při experimentálním měření použít řídicího robota. Předmětem dalšího zkoumání je problematika vlivu změny geometrie náprav na vlastní chování automobilu při působení boční síly.

4 ZÁVĚR

Průběhy rychlosti v , podélného a_x a příčného zrychlení a_y ve vzájemném vztahu k úhlu natočení volantu jsou při obou zkouškách srovnatelné. Největších rozdílů bylo dosaženo při monitorování úhlu klopení karoserie. Rozdíl v úhlu klopení karoserie koresponduje s průběhy naměřenými snímači výšky. Platí, že klopení karoserie u alternativního SkidCaru je v porovnání s experimentálním vozidlem pohybujícím se na skluzovém povrchu velmi malé a je dáno tuhostí pneumatik přídatných podpěrných koleček. Navržený systém Alternativního SkidCaru použitý na experimentálním vozidle prokázal, že je možné jej použít pro vyvolání smyku při bezpečné rychlosti vozidla. A to i přes skutečnost, že naměřené průběhy klopení karoserie v porovnání s průběhy ze skluzového povrchu jsou rozdílné. Využití Alternativního SkidCaru je možné především tam, kde není možnost využít skluzového povrchu (Jilek a Němec, 2020) anebo je nutné simulovat rozdílné adhezní podmínky pro konkrétní vozidlové kolo. Toto je předmětem aktuálně probíhajícího výzkumu. Možnou cestou ke zvýšení klopení karoserie u ASC je vytvoření dynamické verze, která bude řízena dle signálu ze snímačů. Přínos bude především v umožnění intenzivnějšího klopení

karoserie vozidla tím, že změna výšky nadzvednutí hmot odpružených bude závislá na aktuální velikosti příčného zrychlení. Takto se měřené průběhy z ASC ještě více přiblíží chování vozidla na skluzovém povrchu. Podrobnější monitorování chování systému ASC je předmětem dalšího zkoumání.

Literatura

- Albinsson, A., Bruzelius, F., Jacobson, B. a Bakker, E. **2019**. Evaluation of vehicle-based tyre testing methods. *Proceedings of the institution of mechanical engineers part d-journal of automobile engineering*, 233, s. 4-17. <https://doi.org/10.1177/0954407018760>.
- Caban, J., Nieoczym, A., Dudziak, A., Krajka, T., a Stopková, M., **2022**. The Planning Process of Transport Tasks for Autonomous Vans—Case Study. *Applied Sciences*, Vol. 12(6), 2993. <https://doi.org/10.3390/app12062993>.
- Gao, J., Zhang, Y., Du, Y. a Li, Q. **2019**. Optimization of the tire ice traction using combined Levenberg Marquardt (LM) algorithm and neural network. *Journal of the Brazilian society of mechanical sciences and engineering*, vol. 41, 2019, s. 84-96. <https://doi.org/10.1007/s40430-018-1545-2>.
- Harun, M. H., Yunos, M. R. M. a Azhari, M. A. **2017**. Validation of Vehicle Model Response with an Instrumented Experimental Vehicle. In *MATEC Web of Conferences*, August 5-6, Ho Chi Minh City, Vietnam Vol. 97, s. 131-136. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20179701095>.
- Jilek, P., Pokorný, J. and Šefčík, I. **2014**. Určení souřadnice těžiště automobilu na sklopné plošině, *Perner's Contacts*, vol. 9, no. 3, s. 78-86. ISSN: 1801-674X.
- Jilek, P., Voltr, O. **2017**. Změna adhezních podmínek u experimentálního silničního vozidla. In *QUAERE 2017*. Hradec Králové: MAGNANIMITAS, s. 744-752 s. ISBN 978-80-87952-20-7.
- Jilek, P. a Němec, J. **2020**. System for Changing the Radial Response on Car Wheels. *Perner's Contacts* **68**(4), 39–47. ISSN: 1801-674X.
- Krmela, J., Beneš, L. a Krmelová, V. **2014**. Tire experiments on static adhesion for obtaining the radial stiffness value. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, Budapest, Hungary, 42(2), s. 125-129.
- Lucet, E., Lenain, R. a Grand, C. **2015**. Dynamic path tracking control of a vehicle on slippery terrain. *Control engineering practice*, vol. 42, s. 60-73. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2015.05.008>.
- Rievaj, V., Vrábel, J., Synák, F. a Bartuška, L., **2018**. The effects of vehicle load on driving characteristics. *Advances in Science and Technology. Research Journal*, vol. 12(1), s. 142-149.
- Stopka, O., Stopková, M., Ližbetin, J., Soviar, J., a Caban, J. **2020**. Development trends of electric vehicles in the context of road passenger and freight transport. In *2020 XII International Science-Technical Conference AUTOMOTIVE SAFETY* s.1-8. <https://doi.org/10.1109/AUTOMOTIVESAFETY47494.2020.9293526>.
- Šarkan, B., Skrúcaný, T., Semanová, Š., Madleňák, R., Kuranc, A., Sejkorová, M., a Caban, J. **2018**. Vehicle coast-down method as a tool for calculating total resistance for the purposes of type-approval fuel consumption. *Zeszyty Naukowe. Transport/Politechnika Śląska, Series Transport*. 98, s. 161-172. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2018.98.15>.