

KARAKTERISTIKE SAOBRAĆAJNIH NEZGODA SA UČEŠĆEM TRANSPORTNIH SASTAVA

CHARACTERISTICS OF TRAFFIC ACCIDENTS WITH INVOLVEMENT OF SEMI-TRAILER TRUCKS

Vuk Bogdanović¹; Zoran Papić²; Svetozar Kostić³; Nenad Ruškić⁴

XI Simpozijum
"Analiza složenih saobraćajnih nezgoda
i prevare u osiguranju"

Rezime: Prema podacima NHTSA transportni sastavi u ukupnoj strukturi saobraćajnih nezgoda učestvuju sa oko 10%. Saobraćajne nezgode u kojima učestvuju ova vozila karakteristične su po teškim posledicama i velikoj materijalnoj šteti. Kod većeg broja ovih nezgoda osnovni uzrok je ljudski faktor, dok kod ostalih to mogu biti tehničke neispravnosti na vučnom i priključnom vozilu, stanje kolovoza itd. U nezgodama sa transportnim sastavima, tehnička neispravnost je uzrok u preko 30% nezgoda, što je značajno veće učešće tehničke neispravnosti u odnosu na saobraćajne nezgode u kojima učestvuju drugi tipovi vozila. U okviru ovog rada analizirane su karakteristike specifičnog tipa saobraćajne nezgode transportnog sastava u kojima dolazi do sklapanja tegljača i poluprikolice.

KLJUČNE REČI: SAOBRAĆAJNA NEZGODA,
TRANSPORTNI SASTAV, TEHNIČKA
NEISPRAVNOST

Abstract: According to NHTSA semi-trailer truck participate in about 10% of the overall structure of traffic accidents. Traffic accidents involving this vehicles are characterized by severe consequences and great material damage. The main cause of majority of this type of accidents cause is human factor, while in others it may be a technical failure on truck and the trailer, pavement conditions, etc. In accidents with truck and trailer combination, technical malfunction is the cause of over 30% accidents, which is significantly larger share of technical failure in relation to traffic accidents involving other types of vehicles. This paper analyzes the characteristics of one of the specific types of accidents with the involvement of semi-trailer truck combination with overlapping truck and trailer.

KEY WORDS: TRAFFIC ACCIDENTS, SEMI-TRAILER
TRUCK, TECHNICAL FAILURE

¹ Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, vuk@uns.ac.rs

² Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, njele@uns.ac.rs

³ Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, sasakostic49k@gmail.com

⁴ Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, nruskic@uns.ac.rs

1. UVOD

Saobraćajne nezgode u kojima učestvuju teška teretna vozila uglavnom imaju teže posledice u odnosu na ostale tipove nezgoda po pitanju nastradalih lica, kao i po pitanju materijalne štete. Kao i kod drugih tipova saobraćajnih nezgoda, slični su uzroci nezgoda u koje učestvuju transportni sastavi. Međutim, značajno više u odnosu na ostale saobraćajne nezgode, u strukturi saobraćajnih nezgoda sa učešćem teških teretnih vozila, značajno su zastupljene nezgode kod kojih su uzroci nezgode tehnička neispravnost vozila, trenutni kvarovi, stanje kolovozne površine i dr. Prema zvaničnim podacima NHTSA (*National Highway Traffic Safety Administration*) u SAD se godišnje dogodi oko 6 miliona saobraćajnih nezgoda [5]. Teška teretna vozila u ovim nezgodama učestvuju sa oko 10%, pri čemu su tegljači sa poluprikolicom zastupljeni sa preko 50% [6].

Transportni sastav predstavlja složeni dinamički sistem koji se sastoji od dva tela koja su spojena u jednoj tački. Iz tog razloga je transportni sastav mnogo lakše destabilizovati u odnosu na ostala vozila koja učestvuju u drumskom transportu. Pored toga, zbog velike mase, kinetička energija transportnih sastava je značajno veća u odnosu na ostale kategorija učesnika u saobraćaju. Prema istraživanjima [5], [6], tehnička neispravnosti je uzrok u oko 30% nezgoda sa učešćem transportnih sastava. Jedan od najčešćih uzroka saobraćajnih nezgoda koje nastaju usled tehničke neispravnosti je kvar na kočionom sistemu, koji može dovesti do proklizavanja vučnog i/ili vučnog vozila. Ako se proces destabilizacije završi samo na proklizavanju poluprikolice, ova pojava naziva se još i "*trailer swing*". U slučaju pojave "*trailer swing*" postoji mogućnost da vozač preduzimanjem određenih radnji uspostavi stabilizaciju transportnog sastava. Međutim, ukoliko je ovo proklizavanje intenzivnije, ono može dovesti do postepenog ili naglog smanjivanja ugla koji zaklapaju uzdužne ose vučnog vozila i prikolice (poluprikolice) u odnosu na njihovu zglobnu vezu, a ova pojava naziva se još i "*jackknifing*". Nakon preklapanja vučenog vozila sa vučnim vozilom, ne postoji mogućnost ponovnog uspostavljanja kontrole preduzimanjem bilo koje radnje od strane vozača transportnog sastava, tako da vozila nekontrolisano nastavljaju kretanje do konačnog zaustavljanja.

2. POJAM JACKKNIFING-A

Jackknifing je termin koji označava slučajno, nekontrolisano preklapanje vučenog vozila transportnog sastava u odnosu na vučno vozilo. To je situacija kada se transportni sastav zanesu tako da vučno vozilo i poluprikolica/prikolica počnu da se kreću jedno prema drugom uz bočno klizanje vučenog vozila, a rezultat toga je bočno približavanje dva sastavna dela transportnog sastava [3]. Kao *jackknife* položaj definiše se svako zanošenje poluprikolice/prikolice veće od 90°, što se obično završava karakterističnim bočnim kontaktom vučnog vozila i poluprikolice/prikolice. U slučaju pojave *jackknifinga* pri velikim brzinama može doći do prevrtanja transportnog sastava [4].

Termin *jackknifing* je nastao na osnovu kretanja poluprikolice i vučnog vozila jednog prema drugom, koje podseća na sklapanje džepnog noža (eng. *jackknife*)



Slika 1, 2. Primer jackknifinga

3. UZROCI DESTABILIZACIJE VOZILA KOJI MOGU DOVESTI DO JACKKNIFING-A I TRAILER SWING-A

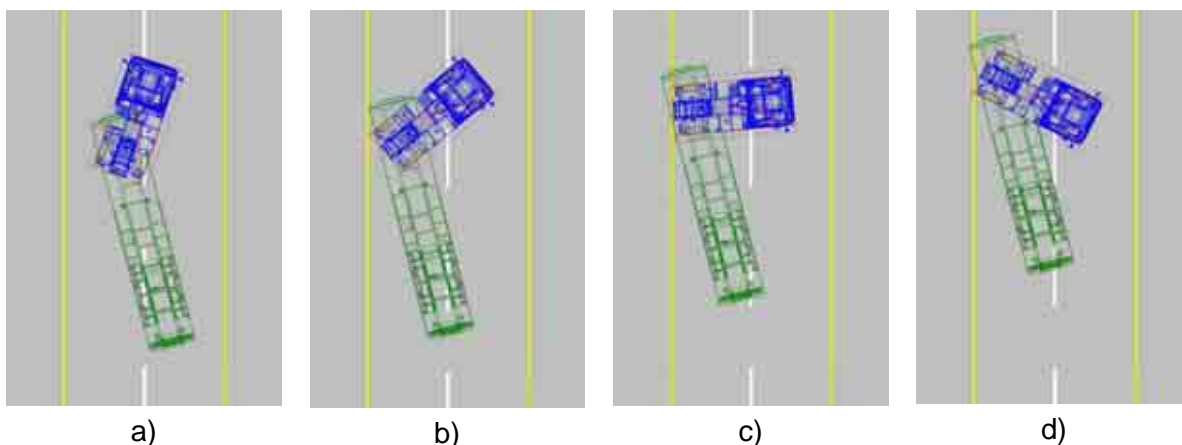
Destabilizacija vučenog vozila tzv. *trailer swing* se definiše kao zanošenje, odnosno njihanje poluprikolice/prikolice. Pod određenim uslovima, ukoliko uz zanošenje dođe i do naglog usporavanja vučnog vozila, ovakvo kretanje može dovesti i do *jackknifing-a*.

Jedan od najčešćih uzroka destabilizacije transportnog sastava tipa *jackknifing* je neujednačenost kočionih sila na vučnom vozilu i poluprikolici, do koje može doći usled neispravnosti kočionog sistema. Do inicijalne destabilizacije i zakretanja poluprikolice, može doći i usled male neusaglašenosti ili kašnjenja u odzivu kočionog sistema na poluprikolici. Zbog posebne veze između vučnog vozila i poluprikolice i velike mase, nakon inicijalne destabilizacije, proces zanošenja teče nekontrolisano i najčešće se završi izletanjem vozila sa kolovoza. Na dvotračnim putevima, zbog zanošenja jedan deo poluprikolice prelazi na drugu saobraćajnu traku, što često uzrokuje sudare sa vozilima koja se kreću iz suprotnog smera.

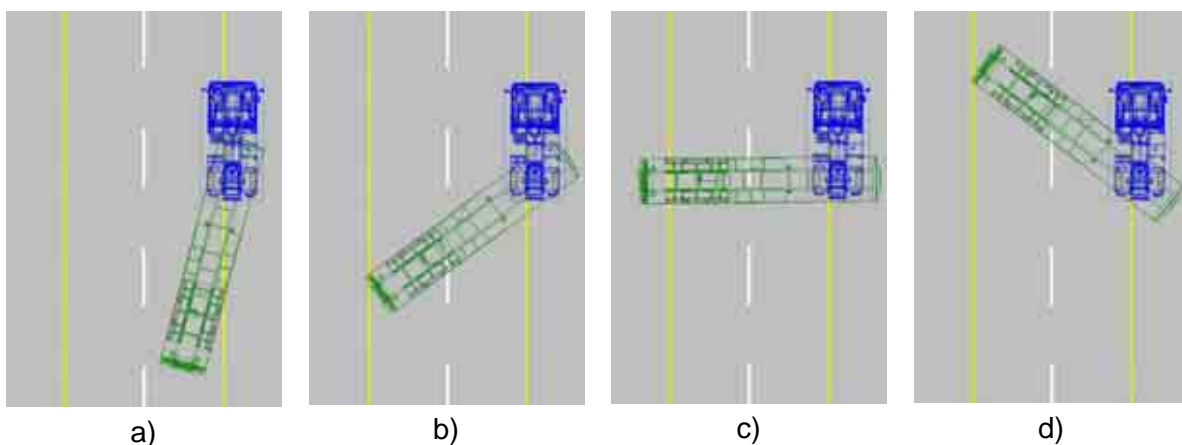
U principu, do pojave *Jackknifing* može doći na dva načina:

zanošenjem zadnjeg dela vučnog vozila, kada dolazi do blokade zadnjih točkova vučnog vozila, dok poluprikolica/prikolica nastavlja kretanje u pravcu, potiskuje u stranu vučno vozilo i na taj način ga zanosi i rotira oko spojne tačke;

zanošenjem vučenog vozila koje se zbog blokiranih točkova ili iz nekog drugog razloga zanosi, izlazi iz putanje kretanja i nekontrolisano se bočno približava vučnom vozilu.



Slika 3. Primer nastanka *jackknifing-a* isklizavanjem zadnjeg dela vučnog vozila



Slika 4. Primer nastanka *jackknifing-a* isklizavanjem poluprikolice

Oba načina nastanka *Jackknifing* su posledica inicijalne destabilizacije koja može biti posledica različitih uzroka. U literaturi se kao uzroci inicijalne destabilizacije, što za posledicu može imati navode se [7], [8]:

1. Kočenje na klizavoj podlozi kada dolazi do blokade i zanošenja točkova pogonske osovine vučnog vozila,
2. Blokada točkova upravljačke osovine vučnog vozila – dovodi do rotacije vučnog vozila oko prednje osovine, dok poluprikolica nastavlja da se kreće pravo,
3. Blokada točkova pogonske osovine vučnog vozila – stvara razliku u kočionim silama između pogonske osovine i osovine poluprikolice,
4. Blokada točkova osovine poluprikolice – prvenstveno dovodi do zanošenja poluprikolice (*trailer swing*) što može dovesti do pojave *jackknifing-a*,
5. Loš balans kočnica – izaziva neravnomerno kočenje i zanošenje nekog dela transportnog sastava u jednu ili drugu stranu
6. Oštro skretanje, naglo okretanje upravljača volana – dovodi do zanošenja vučnog vozila,
7. Naglo smanjenje stepena prenosa, kada dolazi do rapidnog usporavanja vučnog vozila i do njegovog zanošenja

Intenzivno kočenje u situaciji kada je poluprikolica/prikolica prazna, odnosno neopterećena. Kada je poluprikolica prazna, prilikom kočenja dolazi do smanjenja kontaktne površine između točkova poluprikolice i podloge, što direktno utiče na razliku sila kočenja i nastanak jedne od navedenih destabilizacija skupa vozila.

4. POSLEDICE JACKKNIFING-A I TRAILER SWING-A

U većini slučajeva, kada dođe do pojave *trailer swing-a* ili *jackknifing-a* vozač nije u mogućnosti da kontroliše kretanje vučnog niti kretanje vučenog vozila, jer obe navedene pojave nastaju iznenada. Posledice navedenih pojava mogu biti blaže, ukoliko dođe samo do silaska dela transportnog sastava sa kolovoza, do ozbiljnih, ukoliko dođe do kontakta sa drugim učesnikom u saobraćaju ili do prevrtanja transportnog sastava.

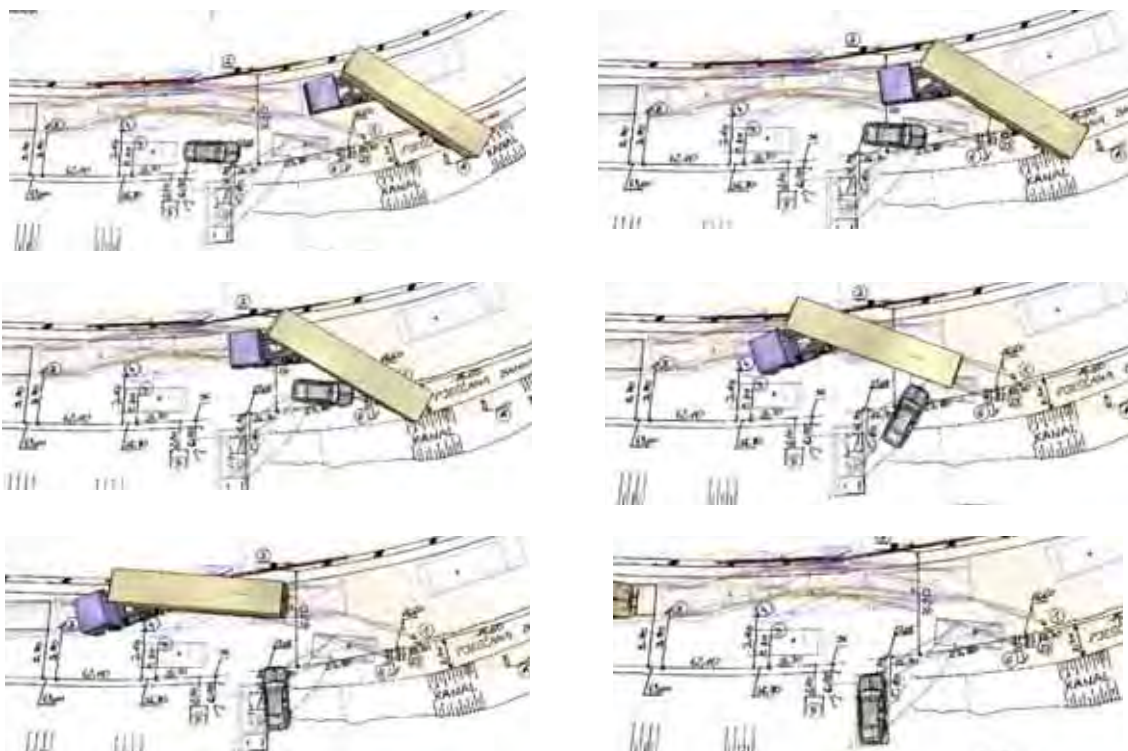


Slika 5,6. Posledice jackknifinga

U ukupnoj strukturi saobraćajnih nezgoda teretnih vozila sa smrtnim posledicama zastupljena sa čak 5,5% [6].

Na sledećim slikama biće prikazan tok jedne saobraćajne nezgode u kojoj je došlo do zanošenja poluprikolice transportnog sastava i sudara sa automobilom koji je dolazio u su-

sret. Teretno vozilo Volvo sa poluprikolicom kretalo se magistralnim putem širine 6,5 m, koji je bio u uzdužnom padu od oko 5%, gledano u smeru njegovog kretanja. U krivini radijusa 90 m došlo je do prelaska poluprikolice na suprotnu saobraćajnu traku kojom se kretao automobil Škoda. Do sudara je došlo tako što je zadnji deo poluprikolice, u zoni zadnjih točkova kontaktirao sa prednjim delom automobila. Nakon kontakta, automobil je odbačen unazad i ulevo, posmatrano iz smeru kretanja teretnog sastava, na proširenje pored kolovoza, dok je kamion nastavio kretanje, poluprikolica je svojom desnom stranom kontaktirala sa zaštitnom ogradom i nakon toga se zaustavio. U ovoj nezgodi, vozač automobila je izgubio život.



Slika 5. Prikaz simulacije realne saobraćajne nezgode u kojoj je uzrok bio Jackknifing

5. UREĐAJI I POSTUPCI ZA SPREČAVANJE NASTANKA JACKKNIFING-A

Tokom godina, razvijani su sistemi za sprečavanje pojave *jackknifing*-a na transportnim sastavima. Pokušaji da se konstrukcionim rešenjima limitira ugao uzdužnih osa poluprikolice i vučnog vozila, nisu se pokazali praktičnim, s obzirom na ograničenja prilikom skretanja skupa vozila u oštrim krivinama i serpentinama u kružnim raskrsnicama ili prilikom manevrisanja u terminalima.

Mnogo uspešniji bio je sistem koji je onemogućavao blokadu kočnica kod vučnog vozila, odnosno ABS sistem (*Antilock Breaking System*) [1], [2]. S obzirom da je ovaj sistem vremenom postao deo obavezne opreme kod teških teretnih vozila, to je u značajnoj meri doprinelo smanjenju uzroka pojave *jackknifing*-a usled blokiranja točkova vučnog vozila. Ovaj sistem omogućava i mnogo ujednačenije sile kočenja na vučnom vozilu i poluprikolici, što je takođe bio jedan od uzroka njihove inicijalne destabilizacije.

Osim navedenih sistema za sprečavanje *jackknifing*-a postoji još i *load-sensing* uređaj, koji reguliše pritisak kočnica. Zasnovan je na variranju pritiska na zadnje kočnice u slučaju

prevoza teških tereta ili jakih kočnja, čime onemogućuje veliku razliku u kočionim silama između vučnog vozila i poluprikolice.

Pojedina vozila su opremljena polugom u kabini kojom se reguliše kočenje poluprikolice. Uz pomoć ove poluge omogućeno je da se usporavanje ili kočenje realizuje samo na poluprikolici, bez upotrebe kočnica na vučnom vozilu. Teoretski ovo je siguran način da se spreči *jackknifing*, ali se u poslednje vreme smanjila upotreba ovog sistema jer se pojavio problem prevelike upotrebe kočnica poluprikolice i minimalno korišćenja kočnica vučnog vozila. Kočenjem samo uz pomoć kočnica poluprikolice izaziva se veće pregrevanje i brže trošenje kočnica poluprikolice, dok bi kočnice vučnog vozila ostajale praktično nepotrošene. Na ovaj način izazivalo bi se neravnomerno trošenje kočionih obloga, tako da su stanja kočionih sistema vučnog vozila i poluprikolice bila različita. U slučaju neočekivane opasnosti i potrebe da se vozilo zaustavi forsiranim kočenjem, vozač bi reagovao refleksno na nožnu kočnicu vučnog vozila, što je u pojedinim slučajevima dovodilo do blokade kočnica vučnog vozila, dok kočnice poluprikolice ne bi bile blokirane, čime se stvaraju potrebni uslovi za pojavu *jackknifing-a*.

U novije vreme da bi se omogućilo efikasnije kočenje poluprikolice, samim tim i transportnog sastava, vučena vozila se opremaju elektromagnetnom kočnicom što se do sada u praksi pokazalo kao efikasan način za sprečavanje mogućnosti za pojavu *jackknifing-a*.

Određenim preventivnim radnjama moguće je sprečiti nastanak *jackknifing-a*, čak i bez upotrebe naprednih sistema za eliminisanje mogućnosti nastanka ove pojave. Uglavnom se preporučuju sledeće mere opreza:

1. Uvek kada je to moguće, obezbediti da poluprikolica bude natovarena,
2. Često proveravanje položaja poluprikolice u odnosu na kamion putem bočnih ogledala,
3. Kontrola brzine kretanja vozila u situacijama koje mogu dovesti do nastanka *jackknifing-a*,
4. Izbegavanje oštih kočnja i naglih manevara.

Jedna od radnji kojom je u kritičnim situacijama moguće izbeći *jackknifing* je i povećanje brzine vučnog vozila, jer se time sprečava zanošenje poluprikolice i njeno bočno približavanje. Međutim, povećanje brzine kretanja nije uvek moguće, posebno kada se preduzima forsirano kočenje u cilju izbegavanja naleta na prepreke ili izbegavanje sudara sa drugim vozilima.

6. ZAKLJUČAK

Saobraćajne nezgode u kojima učestvuju teška teretna vozila su same po sebi veoma kompleksne, a njihove posledice su po pravilu teže u odnosu na druge tipove nezgoda. Zbog specifičnosti transportnih sastava kao sistema, nezgode karakteristične samo za ove skupove vozila često nastaju usled pojava tzv. *jackknifing* ili *trailer swing*. Kod ovog tipa nezgoda dolazi do nekontrolisanog kretanja poluprikolice što se najčešće završava izletanjem transportnog sastava sa ravni kolovoza ili sudarom poluprikolice sa vozilima koja se kreću iz suprotnog smera. U cilju sprečavanja nastanka ovih nezgoda veoma je važno upoznati uzroke i uslove koji do njih mogu dovesti. Dosadašnja istraživanja pokazala su da su najčešći uzroci ovakvih nezgoda neadekvatna tehnika vožnje, odnosno naglo manevrisanje upravljačem sa ili bez preduzetog forsiranog kočnja. Međutim, veoma čest uzrok je i tehnička neispravnost vozila, odnosno tehnička neispravnost kočionog sistema. Iz tog razloga veoma je važno proveravati stanje kočionog mehanizma i usaglašavanje

stanja kočionog mehanizma, odnosno kočionih sila, na vučnom vozilu i poluprikolici. Pored toga, potrebno je edukovati vozače transportnih sastava o uticaju opterećenosti poluprikolice na stabilnost skupa vozila kao sistema u slučajevima preduzimanja iznenadnih radnji kočenja ili pojava inicijalnog zanošenja.

LITERATURA

- [1] Kostić S., Tehnika bezbednosti i kontrole uređaja, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2002
- [2] Rotim F., Elementi sigurnosti cestovnog prometa, svezak 2, Znanstveni savjet za promet JAZU, Zagreb 1991.
- [3] J.W.L.H. Maas, Jackknife stability of a tractor semi-trailercombination, Mechanical Engineering Master-project, Eindhoven, 11 June 2007
- [4] WEN-HOU MA, AND HUEI PENG Worst-Case Vehicle Evaluation Methodology—Examples on Truck Rollover/Jackknifing and Active Yaw Control Systems, Vehicle System Dynamics, 32 (1999), pp.389-408
- [5] <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov>
- [6] <http://www-fars.nhtsa.dot.gov>
- [7] <http://www.anapolschwartz.com/pa-truck-accident/truck-design.asp>
- [8] <http://www.dmv.ca.gov>

