

ЖЕЛЕЗНИЧКО ИНЖЕЊЕРСТВО У ПРАКСИ

Катедра за шинска возила

Лучанин В., Милковић, Д., Танасковић Ј., Костић А., Радуловић, С.

Да би се успешно радило у области железничког машинства са шинским возилима, потребно је научити нешто о кретању точка по шини и о принципима вођења. Затим, различите компоненте отпора кретања дефинишу енергију потребну за кретање воза коју треба да испоруче локомотиве, као покретна енергетска и претварачка постројења. Енергија дизел мотора или електрична енергија из електричног вода треба да се претвори у механичку енергију кретања. Чисто механички преносници могу то да обаве само за локомотиве малих снага, а у већини осталих случајева потребни су електрични или хидродинамички преносници снаге. С обзиром да технички системи нису идеални и извесно расипање енергије је увек присутно. Расхладни системи локомотива имају задатак да одведу сувишну топлоту која се на тај начин ствара. Сем тога за воз су потребни додатни извори енергије као што је компримовани ваздух за систем кочнице и помоћне уређаје, које обезбеђује систем компресора на локомотиви.

Када покренемо воз настају динамичке силе и убрзања. Које је потребно држати у дефинисаним прихватљивим границама. За заустављање возова из брзине 120 km/h потребно је 700 m, а за заустављање воза из брзине 300 km/h зауставни путеви износе и четири и по километара. Систем кочнице мора да буде поуздан, његова функција безбедна и добро координирана између понекад и стотинак возила у теретној композицији, са централним управљањем са локомотиве.

Возила за превоз људи и терета мора да имају довољно јаку носећу структуру. Потребно је да конструишемо, прорачунамо и на крају испитамо њихову статичку и динамичку чврстоћу.

САВРЕМЕНИ ШИНСКИ САОБРАЋАЈ

Шински саобраћајни системи заузимају данас у свету веома значајно место у оквиру светског превоза робе и путника.

Главна поља развоја шинског саобраћаја данас су:

- пруге великих брзина (200 до 350 km/h) у железничком путничком саобраћају,
- градски, приградски и локални шински саобраћај у великим градовима (метро, трамвајски системи, као и неконвенционални шински системи),
- комбиновани транспорт железница-друм у циљу лакше, брже и јефтине манипулације теретом,
- већа прилагодљивост специфичним потребама (специјални вагони),

Путнички саобраћај великим брзинама (изнад 200 km/h) данас постоји у петнаестак земаља у свету. Водећи међу њима су Француска, Јапан, Немачка у новије време Кина, Русија и.т.д. Нове пруге за велике брзине се граде као пруге:

- само за путнички саобраћај. Нагиби на оваквим пругама могу ићи и до 40‰, што олакшава уклапање у рељеф терена и појефтиније изградњу.
- за мешовити саобраћај. На овим пругама се, ради повећања економичности, предвиђа и теретни саобраћај, углавном у ноћним часовима. Разлог за то је велика разлика у брзини теретних и брзих путничких композиција, што отежава организацију саобраћаја, па се спорији теретни возови пуштају када је путнички саобраћај минималан.

Мада су и у периоду пред други светски рат вршени експерименти са брзинама преко 200 km/h, ти покушаји су били изнад нивоа тадашње технике и технологије и нису могли да буду шире примењени. Тек 1964. године када је у Јапану пуштена у саобраћај пруга Токио-Осака (515 km) са максималном брзином од 210 km/h, свет је закорачио у доба великих брзина у шинском саобраћају. Иза Јапана следила је Италија, Француска, Немачка, Велика Британија, Шпанија, Шведска, Белгија, Холандија итд. На линији "Исток" од Париза до Стразбура је са возом TGV* (Те-Же-Ве), постигнут данашњи светски рекорд на класичним шинама од 574,8 km/h.



Слика 1: Возови за велике брзине

* TGV-Train a grande vitesse - воз великих брзина (француски)

Слика 1 приказује возове за велике брзине TGV-Duplex, Француска (горе-лево), Shinkansen, Јапан (горе-десно), ICE 3, Немачка (доле лево) и AGV, Француска (доле-десно).

У новије време то су и Јужна Кореја на бази TGV технологије, затим САД са пројектом ACELA. На Тајвану је прва пруга великих брзина пуштена у саобраћај 2007. године са Shinkansen возовима.

Куповином возова великих брзина од свих водећих светских произвођача и развијањем сопствене технологије, Кина је од 2007. започела изградњу и брз развој мреже пруга за возове великих брзина. У децембру 2012. године је отворена најдужа железничка линија на свету за возове великих брзина на релацији Пекинг – Гуангзоу, дужине 2298 km и просечном брзином кретања 300 km/h. Са овом линијом Кина је достигла дужину железничке мреже возова великих брзина од око 9300 km, а до 2020. планира проширење мреже до 16000 km и на тај начин повезивање свих градова Кине .

На слици 2 је приказана флота тзв. “bullet” возова у депоу у граду Вухан у раним јутарњим часовима, пре почетка дневног саобраћања.



Слика 2: Флота “bullet” возова у депоу у граду Вухан (Кина)

Из овог прегледа је видљиво да изградња пруга за велике брзине за железнички путнички саобраћај добија у свету велики замах, што је пре свега последица првобитног комерцијалног успеха у Јапану и Француској.

У нашој земљи тренутно се постиже максимална брзина од 120 km/h на већини деоница главних магистралних пруга. У плану је да се на правцу од Београда ка Суботици, а касније и према Нишу поједине деонице оспособе за 160 km/h односно 200 km/h. 2022. године је пуштена у саобраћај пруга Београд-Нови Сад за брзине до 200 km/h.

До 2018. године локомотива са највећом инсталисаном снагом у поседу Железница Србије била је локомотива серије 461 (слика 3). Укупна снага њених мотора од 5100 kW омогућује вучу путничких возова брзином од 160 km/h и вучу теретних возова тежине до 2000 t брзином до 120 km/h.



Слика 3: Локомотива серије 461

2018. године је набављено 16 савремених вишесистемских електричних локомотива SIEMENS VECTRON MS са инсталисаном снагом од 6400 kW (слика 4) и за брзине до 200 km/h. Ова локомотива омогућује вучу са напајањем како наизменичном струјом 25 kV и 15 kV, тако и са једносмерном струјом 3 kV и 1,5 kV.



Слика 4: Локомотива серије 193, SIEMENS VECTRON MS

Велики светски градови су данас незамисливи без шинског саобраћаја. Захваљујући свом високом капацитету и електричној вучи која не загађује градску средину, трамваји и метро системи представљају незаменљиво решење. Сви градови величине Београда или већи у Европи имају класичан метро, а још 15 градова мањих од Београда такође има класичан метро. Московски метро превезе годишње 2,4 милијарде путника или 6,6 милиона путника дневно, што је највише од свих метро система у свету. На слици 5 је приказан нови петоделни трамвај тип URBOS 3 шпанске фирме CAF у Београду.



Слика 5: Трамвај у Београду

У шински саобраћај спадају и возила за једношинске железнице, које се у релативно малој мери користе као локални системи у градском и приградском саобраћају у појединим великим градовима. И у перспективи се може очекивати да овакав вид превоза, у разним варијантама, остане само локалног значаја.

Као посебан вид шинског саобраћаја треба споменути и возила на магнетном “јастуку”. У тој технологији најдаље се отишло у Немачкој (Transrapid, слика 5а) и Јапану (MLX01, слика 5б). Ова, више деценија развијана технологија, прву комерцијалну примену на бази Transrapid технологије нашла је у Кини, где је од 2003. године у саобраћају 30 km дуга линија са $V_{\max}=430 \text{ km/h}$ између аеродрома и центра Шангаја.

а) Немачки Transrapid



б) Јапански Maglev

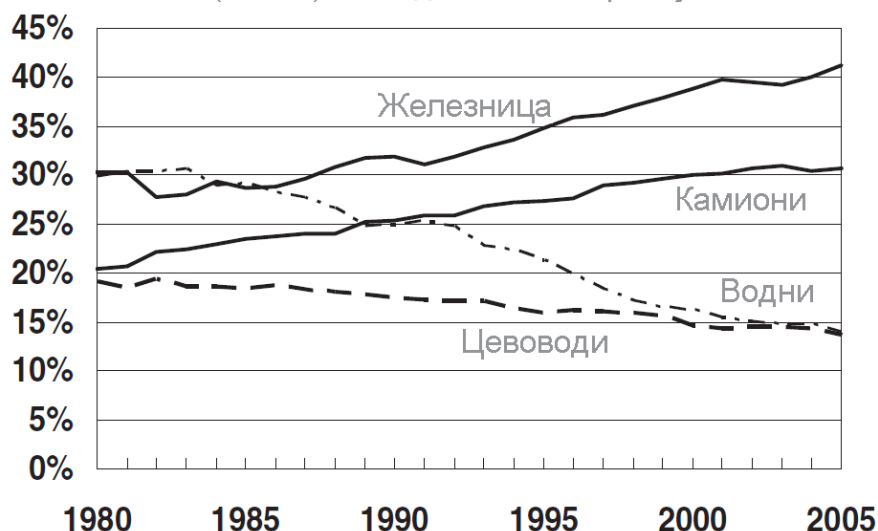
Слика 5: Возови на магнетним јастуцима

Основне карактеристике ове технологије су:

- нема додира са колосеком јер возило лебди на магнетном “јастуку” па нема трења, ни хабања,
- погон се остварује линеарним индуктивним мотором,
- при мањим брзинама мањи отпори кретања, а при већим брзинама главну компоненту чини аеродинамички отпор,
- захтева посебне, уздигнуте стазе, што систем чини некомпатибилним са постојећим саобраћајним системима,
- захтева компликоване скретнице,
- отежано је уклањање возила са колосека у случају квара.

Железнички теретни саобраћај је жила куцавица привреде сваке земље. У САД нпр. годишњи број тонских километара остварених у железничком и друмском саобраћају је приближно једнак.

САД - Расподела теретних тонских километара (миља) по видовима саобраћаја



Слика 6: Учешће појединих видова саобраћаја у теретном саобраћају САД

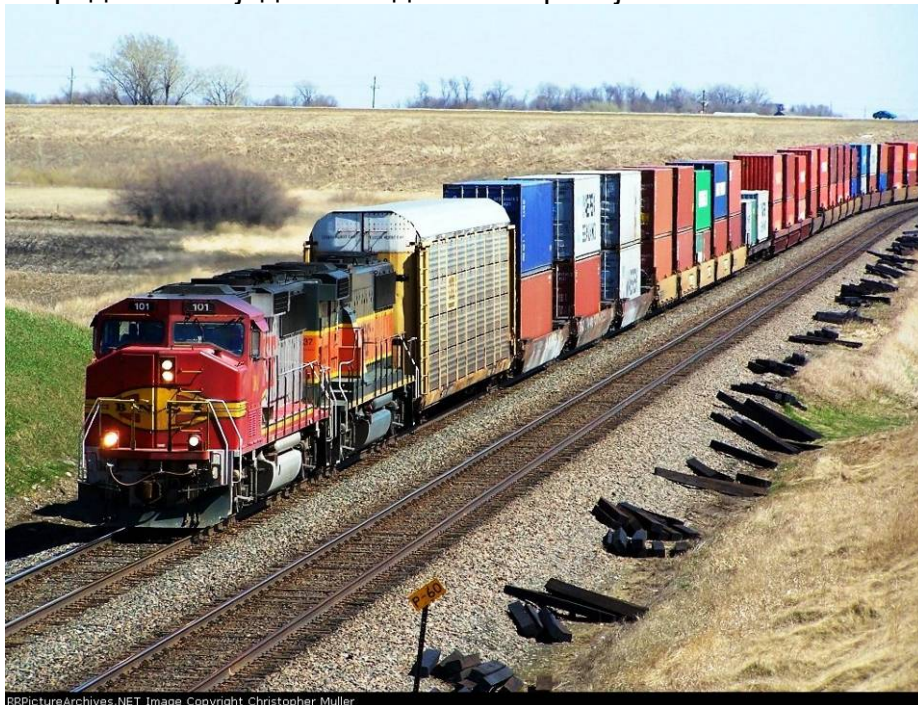
Како би илустровали ову чињеницу, на дијаграму на слици је 6 приказана расподела оствареног теретног саобраћаја по видовима, изражена као проценат учешћа у тонским километарима. При томе се железницом превозе пре свега масовни терети: угаљ, нафта и нафтни деривати, руде, сировине за хемијску индустрију итд. на велика растојања, чији би друмски превоз био потпуно неекономичан. Са друге стране укупна вредност превезеног терета је већа у случају камионског саобраћаја.

Теретни возови у Европи данас имају бруто масу до 3000 t, у САД, Русији, Аустралији, Кини масе теретних возова достижу и преко 10000 t. Екстремни пример је Аустралија где се у једној композицији нпр. превози 25000 t руде гвожђа (слика 7).



Слика 7: Теретна композиција у Аустралији

Једно од значајних поља развоја је тзв. комбиновани транспорт друм-пруга, са циљем да се утовар, истовар и претовар максимално упросте, као и да се време тих операција скрати. У том циљу расте обим превоза контејнера, терета на палетама, превоз полуприколица или превоз комплетних друмских возила (слика 8). На овај начин се најбоље користе предности појединих видова саобраћаја.

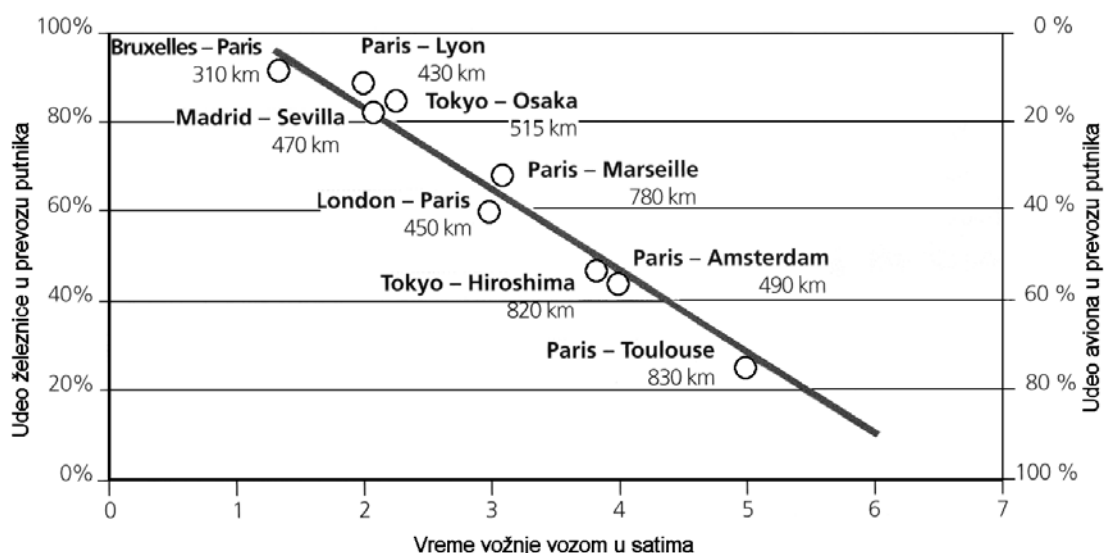


Слика 8: Превоз контејнера железницом

РЕЛАТИВНЕ ПРЕДНОСТИ И НЕДОСТАЦИ

Релативне предности и недостаци шинског саобраћаја значајно утичу на конкурентску способност железнице. У најкраћим цртама предности шинског саобраћаја су:

- Мали утрошак енергије. Због малих отпора котрљања металног точка по металној шини, у односу на друмска возила, утрошак енергије је 3 до 7 пута мањи по превезеној јединици масе на јединици дужине (по тонском километру). На брдским пругама је ова разлика мања, јер је савладавање компоненте земљине теже подједнако и за друмска и за шинска возила. У вези са утрошком енергије, велики значај има смањење сопствене тежине у односу на носивост, јер се на премештање сопствене тежине користи део енергије. Према неким компаративним истраживањима са еквивалентом од једног литра нафте, путник TGV возом пређе 73 km, путничким аутомобилом 40 km, а авионом 19 km.
- Велики капацитет. Примери: Московски метро превезе до 60.000 путника на сат, по правцу). Теретни возови имају бруто масу, од 800-3000 t на европским пругама, а у САД, Канади, Аустралији, Русији и преко 10.000 t. Друмски саобраћај не може да оствари ни приближно овако велике капацитете.
- Брзина. Искуство са возовима великих брзина у свету показује, да је на растојањима до 600 km, односно тамо где је време путовања железницом краће од 4 сата, у превозу путника железница конкурентна и авионом саобраћају, узимајући у обзир потребно време за одлазак и повратак са аеродрома. Као илустрација, на слици 9 је приказано учешће железнице и авиона у превозу путника на неким карактеристичним релацијама на којима постоје пруге за велике брзине.



Слика 9: Учешће железнице и авиона у превозу путника на неким карактеристичним релацијама

- Поузданост. У сложеним метеоролошким условима (зима, снег, магла) шински саобраћај је поузданији од других видова саобраћаја. Поузданији је и превоз опасних и штетних материја.
- Погодност за околину. За исти транспортни капацитет шинска мрежа заузима знатно мању површину од друма (заштита обрадивог земљишта, штедња градског простора). За двоколосечну TGV пругу потребно је 5-7 ha/km земљишта, а за аутопут са 2x2 траке 10 ha/km. Ниво штетних гасова је знатно мањи од друмског или авионског саобраћаја, посебно због високог нивоа електрификације. Сразмерно транспортном капацитету ниво буке је прихватљивији од друмског саобраћаја.
- Мањи екстерни трошкови. У цену превоза нису укључени тзв. екстерни трошкови: цена последица несрећа, уништавања околине, последица буке итд. Ови трошкови су код друмског саобраћаја најмање петнаест пута већи него код железничког или авионског.
- Могућност аутоматизације. С обзиром да су шинска возила везана за стазу и принудно вођена, цео систем је веома погодан за широку примену аутоматизације. Ово је данас практично примењено код неких метро система (нпр. Лил, Француска), где се саобраћај обавља без машиновођа, под контролом рачунара и система телевизијског надзора из једног центра. У будућности се може очекивати ширење ове тенденције и на многе операције у путничком и теретном железничком саобраћају.

Главни недостаци шинског саобраћаја су:

- Осетљивост на поремећаје. У случају квара или поремећаја саобраћаја долази до сукцесивног утицаја на све возове на прузи. Овај недостатак се умањује добром организацијом одржавања возила и пруга и добром организацијом саобраћаја.
- Везаност за колосек. Онемогућава да се роба или путници доведу до крајњег жељеног места. Овај недостатак се ублажава техничким решењима којима се поједностављује и убрзава претовар робе. Ту спадају разни видови комбинованог транспорта терета итд. У путничком саобраћају недостатак се ублажава добром повезаношћу са другим видовима саобраћаја (заједничке станице за градски и приградски саобраћај, станице на аеродромима итд.). Друга последица везаности за колосек је смањена ефикасност уколико се не обезбеди изолованост шинских стаза од других видова саобраћаја (нпр. метро мреже су ефикасније од трамвајских, јер се нигде не укрштају у нивоу са друмским саобраћајем).
- Неподобност за мале капацитете превоза. Типична носивост једног двоосовинског вагона је 25-30t. Типичан капацитет дводелне моторне гарнитуре је око 120-160 путника. Превоз мањих терета и малог броја путника је због тога често исплативији друмом.

ЦЕНТРИ ПРОИЗВОДЊЕ, ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ И ИСТРАЖИВАЊА У ОБЛАСТИ ЖЕЛЕЗНИЦЕ У СРБИЈИ

У складу са општим трендом смањења индустријске производње у Републици Србији и железница бележи пад, чије последицу су тешка ситуација у фабрикама шинске индустрије. Неке од фабрика су успешно приватизоване и наставиле су са производњом, али има и примера где то није случај.

Центри у Србији у којима се данас производе и одржавају железничка возила су:

- Татравагонка Братство, Суботица;
- Шинвоз, Зрењанин;
- Желвоз, Смедерево;
- Гоша, Смедеревска Паланка;
- МИН Вагонка, Ниш;
- МИН Локомотива, Ниш;
- и други произвођачи делова и компоненти за шинску индустрију.

Центри у којима се врши експлоатација у области железнице су углавном јавна предузећа и то:

- ЈП “Железнице Србије“;
- ЈП “ГСП Београд“;
- ЈП ТЕ “Никола Тесла“ – железнички транспорт итд.

Центри који се баве истраживањем у области железнице у Србији су махом сви универзитетски центри и институти, као што су:

- Институт ЦИП, Београд;
- Институт “Гоша”, Београд
- MIND Park и др.