

## ГРАДСКИ САОБРАЋАЈ

Под градским саобраћајем подразумева се саобраћај који се обавља на изграђеној тзв. урбаној територији града. До 18. века тај саобраћај се обављао углавном воденим путевима, јер су велики градови формираны углавном на обалама река или мора, или коњским запрегама. Са повећањем броја становника у градовима расла је и потреба за превозом, па је почела употреба кола са коњском пучом, која су могла да приме 10 – 15 путника. Већ средином 19 века појављују се и трамваји са коњском пучом у Њујорку и Паризу. Код нас се први такви трамваји јављају у Београду (1892).

Већ 1879. код трамваја се примењује електрична вуча, па овакав вид градског превоза добија све већи значај. Примат оваквог превоза траје све до тридесетих година 20. века када почиње нагло коришћење аутобуса за масовни превоз путника у градовима.

Наглим развојем градског саобраћаја омогућено је и територијално ширење градова, а самим тим и повећање броја становника, чему је допринео и нагли индустријски развој и његова концентрација у великим градовима. То је захтевало, пак, све развијенији градски саобраћај, што је довело до изградње подземних железница (метроа) у великим градовима, као најсавршенијег и најефикаснијег градског превоза.

Данас је градски саобраћај један од битних предуслова живљења у великим градовима а произлази из потребе за одласком из места становања до места рада, снабдевања, рекреације итд.

Превоз у граду данас се обавља возилима јавног градског саобраћаја или индивидуалним возилима. Однос броја путника који се превезе јавним или индивидуалним возилима зависи од развијености земље и од животног стандарда. У развијеним земљама Европе јавни пре-

воз користи 40 – 60% становника, а у развијеним земљама 70 – 80%.

Развој јавног градског саобраћаја, и повећање броја индивидуалних возила, условило је ширење градске територије, што је неминовно утицало и на повећање броја путника у градском саобраћају. По правилу, јавни превоз није могао да прати овакво нагло повећање броја путника, па се повећавало учешће индивидуалних возила у градском саобраћају. Последица овога је пораст зацифраности у старим, већ изграђеним централним деловима града који су остали средишта административних, културних и трговачких активности. За превазилажење оваквог стања у великим европским градовима, па и код нас, предузимане су различите мере; почев од увођења посебних трака за возила градског саобраћаја, па до потпуне забране кретања индивидуалних возила у појединим улицама или зонама града. Наравно да овакво решење мора бити праћено одговарајућим побољшањима јавног превоза како би се задовољиле потребе становништва.

За обављање јавног градског превоза данас се користе разне врсте превозних средстава. Најмасовније средство превоза је аутобус, нарочито у мањим градовима, док се у већим користе трамваји, подземни трамваји, тролејбуси и метро.

## ЛИНИЈЕ ГРАДСКОГ ЈАВНОГ ПРЕВОЗА

Скуп свих линија јавног градског саобраћаја на територији неког града чини мрежу линија градског превоза.

Линије градског саобраћаја служе за међусобно повезивање појединих делова уже градске територије, а карактеришу их:

– мала међустанична растојања

ановника, а у не-  
80%.

ог саобраћаја, као  
идуалних вози-  
градске терито-  
утицало и на  
у градском са-  
ни превоз није  
нагло повећање  
ећавало учешће

градском сао-  
је пораст закр-  
грађеним цен-  
који су остали  
вних, культур-  
ости. За прева-  
у великим ев-  
код нас, преду-  
; почев од уво-  
зила градског  
забране крета-  
а у појединим  
а. Наравно да  
праћено одго-  
јавног превоза  
ебе становни-

адског превоза  
сте превозних  
едство превоз-  
њим градови-  
грамваји, под-  
и метро.

ЈАВНОГ

ног градског  
ког града чи-  
ревоза.

раћаја служе  
ојединих де-  
је, а каракте-

стојања;

– мале брзине путовања због честог  
застављања возила и утицаја осталих  
видова саобраћаја;

– велике измене путника у току во-  
жње;

– временски кратка путовања и мала  
дужина путовања;

– знатна колебања броја путника по  
часовима у току дана и по данима у не-  
дељи.

Линије које повезују уже градско  
подручје са приградским насељима на-  
зивају се приградске линије. Ове линије  
се, мањим или већим делом, могу про-  
стирати на ужем градском подручју, што  
значи да се могу преплитати са линијама  
градског саобраћаја.

Приградске линије карактеришу:

– веће међустанично растојање;

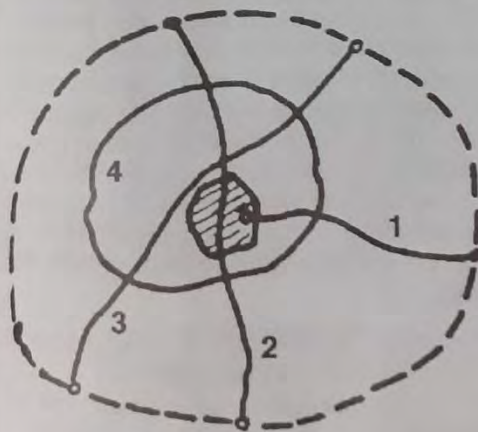
– мања измена путника;

– веће растојање и дуже време путо-

вања;

– већа брзина путовања.

Градске линије се деле, углавном,  
према начину пружања у односу на тери-  
торију града, а посебно у односу на ње-  
гов централни део. Могу бити: радијал-  
не, дијаметралне, тангенцијалне, кружне,  
полукружне, периферне и комбиноване.



Слика 26

Радијалне линије (сл. 26 – 1), пове-  
зују периферне делове града са центром.  
Карактерише их велика неравномерност  
броја путника дуж линије. Број путника  
се повећава идући од периферије ка цен-  
тру. Због тога се на радијалним линија-  
ма веће дужине уводе скраћене радијал-  
не линије на делу већег оптерећења.

Дијаметралне линије (2) повезују две  
градске периферије, а при томе пролазе  
кроз центар. Ове линије практично пред-  
стављају две спојене радијалне линије,  
па су им карактеристике сличне. Међу-  
тим, предност ових линија је у томе што  
немају терминусе у центру града, где је  
обезбеђење њиховог простора врло про-  
блематично, с обзиром на већ оформље-  
ну структуру града.

Пошто је број путника који се пре-  
вози јавним саобраћајем највећи баш на  
релацији периферија – центар града, то  
радијалних и дијаметралних линија тре-  
ба да има што више.

Тангенцијалне линије (3) повезују  
два периферна дела града, а при томе не  
пролазе кроз центар, већ га само танги-  
рају на мањој или већој удаљености.  
Пошто не пролазе кроз најужи центар  
града, који је и највише оптерећен сао-  
браћајем, на овим линијама се могу по-  
стићи веће брзине него на радијалним и  
дијаметралним.

Кружне линије (4) повезују међу-  
собно више периферија или широк цент-  
ралних подручја града по једној затво-  
реној кривој линији, али не пролазе кроз  
центар, мада га могу тангирати. Каракте-  
ришу се приближно истим оптерећењем  
у току дана. Сличне овим су полукружне  
линије чија траса представља део круж-  
не линије. Кружне и полукружне линије  
пресецају радијалне и дијаметралне пра-  
це, па на тим пресечним тачкама путни-  
ци обично преседају, што омогућује брже  
повезивање са одређиштем.

Периферне линије (5) служе за по-  
везивање два периферна дела града где

струјање путника мање, а удаљене су од центра града.

### ОДРЕЂИВАЊЕ МЕЋУСТАНИЧНОГ РАСТОЈАЊА У ГРАДСКОМ САОБРАЋАЈУ

На линијама градског саобраћаја разликујемо крајње станице (почетну и крајњу) које се називају терминусима, и међустанице. На *терминусима* возила јавног превоза мењају смер кретања, а време њиховог задржавања једнако је интервалу вожње на линији. Ово време служи за одмор особља, евентуални преглед возила и изравнавање поремећаја у реду вожње на линији. Терминуси обично садрже просторије за оперативни особље (отправника) са санитарним чвором за извршно особље. На већим терминусима, заједничким за већи број линија, могу се налазити и резервна возила и екипе за отклањање мањих кварова на возилима. На њима се возно особље измењује у току радног времена линије.

На терминусима мора бити постављена и надстрешница за путнике и пунктови за продају претплатних и дневних карата.

*Међустанице* су места на којима се обавља измена путника (искрцавање и укрцавање), а време задржавања возила одговара времену потребном за улазак и излазак путника.

Локација међустанлица зависи од повећаности изворишта и циљева путовања, као што су: тргови, станице међуградског саобраћаја, железничке станице, болнице, робне куће, школе, веће установе итд. Ван ових места постављање међустанлица је приличан проблем, поготову када се има у виду да од међустаничног растојања зависи брзина возила на линији, односно време путовања путника. У интересу путника који путују на дужим релацијама је да међустанична растојања буду дужа како би време путовања би-

ло краће. Ово је, са једне стране, и инте- ресе предузећа јер се на овај начин скраће време трајања обрта возила. С друге стране, повећањем међустаничног растојања број путника који се превози биће мањи, јер ће путници на краћим релацијама бити мање заинтересовани за превоз, јер према те краће релације ће прелазити односно те краће релације ће прелазити опшачењем. Због тога је одређивање оптималног растојања међустанлица проблем за који се у литератури може пронаћи више различитих решења која дају разни аутори.

У сваком случају, при одређивању међустаничних растојања треба имати у виду густину насељености делова кроз које се мора да пролази, средњу дужину путовања путника, положај и размештај тачака прилива путника итд.

Усвојена растојања између станица у зависности од густине насељености приближно износе:

– у центру града	250 – 550 m,
– у периферним зонама	500 – 750 m,
– у приградским зонама	600 – 1500 m.

### ПОКАЗАТЕЉИ КВАЛИТЕТА МРЕЖЕ ЛИНИЈА

У интересу становника града, путника у градском саобраћају, јесте да мрежа, линија јавног превоза буде што већа како би се смањило време пешачења од полазишта, односно одредишта; да траса линија буде таква да се до одредишта путује најкраћим путем како би време путовања било што краће, и да се то путовање обави директно, без преседања. Уколико су ови захтеви путника више испуњени, мрежа линија је квалитетнија. За процену тог квалитета користи се неколико фактора, а то су:

- густина мреже линија,
- линијски коефицијент,
- коефицијент закривљености линије и
- коефицијент директности линије.

### ГУСТИНА МРЕЖЕ ЛИНИЈА

Густина мреже показује просечну дужину линија градског јавног превоза по јединици површине града. Добија се из односа дужине свих линија  $\Sigma K_1$  у километрима и површине града  $F$  у квадратним километрима:

$$\sigma = \frac{\Sigma K_1}{F} \text{ [ km/km}^2\text{ ]}.$$

За средње и веће градове густина мреже износи:

- у центру града 3-5 km/km<sup>2</sup>;
- у осталим деловима 1,5 - 2,5 km/km<sup>2</sup>.

Густина мреже линија није увек изудан показатељ квалитета опслужености града јавним превозом јер даје просечне вредности, што значи да мрежа линија не мора бити подједнако расподељена на читавој територији града. Због шта се овај фактор мора узимати као показатељ у склопу других фактора.

### ЛИНИЈСКИ КОЕФИЦИЈЕНТ

Овај коефицијент показује просечну дужину линија градског јавног превоза у километрима према дужини улица мреже којима те линије пролазе:

$$\sigma_1 = \frac{\Sigma K_1}{\Sigma K_u},$$

где је:

- $\Sigma K_1$  [ Km ] - дужина свих линија.
- $\Sigma K_u$  [ Km ] - дужина улица којом линије пролазе; што је овај коефицијент већи, територија града је боље опслужена линијама градског саобраћаја.

### КОЕФИЦИЈЕНТ ЗАКРИВЉЕНОСТИ ЛИНИЈА

Коефицијент закривљености  $\sigma_2$  представља однос стварне дужине линије и

растајања између терминауса по ваздушној линији:

$$\sigma_2 = \frac{K_1}{L_v}.$$

Најмања вредност овог коефицијента је једнака јединици, али је у пракси увек већа. Његовим повећањем повећава се средња дужина путовања, а и време путовања, што није у интересу путника.

### КОЕФИЦИЈЕНТ ДИРЕКТНОСТИ ЛИНИЈА

У интересу путника који користе јавни градски превоз је да до одредишта стигну без преседања са једне линије на другу. Наравно, ово се у потпуности не може испунити с обзиром на многобројна полазишта и одредишта путника.

Погодност мреже за остваривање директних вожњи изражава се коефицијентом директности  $\sigma_d$ , који се добија из односа броја путника који до одредишта стижу директном вожњом и броја путника који се превозе на линији са преседањем и без преседања:

$$\sigma_d = \frac{P_d}{P_d + P_p} = \frac{P_d}{P_p};$$

где је:

$P_d$  - број путника који се превози директно до одредишта;

$P_p$  - број путника који преседа (користи више линија).

### ПРЕВОЗНИ ЗАХТЕВИ ПУТНИКА У ТОКУ ДАНА

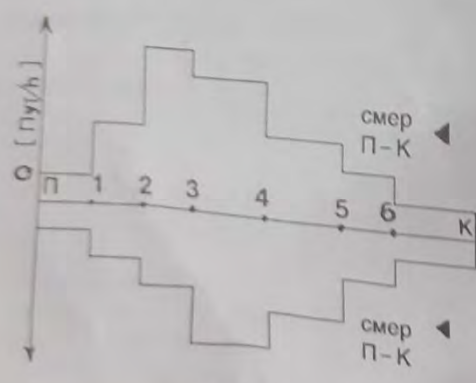
Путници се у возила јавног линијског превоза укрцавају на станицама дуж линије у једном и другом смеру. У тренутку доласка на станицу путник је поставио захтев за превоз. Укупан број пут-

ника који чека возило на станицама у одређеном периоду времена представља број захтева за превоз. На линији се крећу возила одређеног капацитета, па је потребно тај капацитет усагласити са превозним захтевима.

Међутим, путници који чекају возила на станицама превозе се на различите удаљености, што значи да на свакој станици изврстан број путника излази из возила (ослобађају се места за путнике који улазе у возила), па, према томе, број путника који чека возила на станицама није довољан податак за одређивање потребног капацитета возила за превоз. За ово је неопходно располагати податком (осим о броју путника који чека на станицама) и о дужини путовања и броју излазака дуж читаве линије у јединици времена.

Како је број путника који се превезе или треба да се превезе између двеју међустаница у јединици времена дефинисан као проток, то значи да су превозни захтеви изражени протоком.

На свакој линији појављују се два тока путника између два терминаса, а према томе и два протока, па се обично приказују на заједничком дијаграму (сл. 27). Величина протока је обично различита између станица, али се у сваком смеру појављује једна максимална вред-



Слика 27

ност која не мора бити на истом међустаничном растојању у оба смера. Ако број места у возилима у току једног часа задовољава максималан проток на линији, јасно је да ће задовољити и проток на осталим међустаничним растојањима. Због тога се највећи проток путника на линији сматра превозним захтевом путника на тој линији и назива се меродавни захтев путника.

Како је радно време линија градског саобраћаја дуже од 18 сати, за формирање превозних захтева у току читаве радног времена потребно је располагати величинама протока у сваком часу радног времена. Ови подаци се могу добити детаљним бројањем путника у току дана, на основу чега се може формирати дијаграм превозних захтева линија у току дана.

**УЧЕСТАЛОСТ И ИНТЕРВАЛ ВОЖЊЕ ВОЗИЛА НА ЛИНИЈИ**

Учесталост или фреквенција возила на линији одређена је бројем возила која у току једног часа пређу неку тачку на линији. Учесталост возила у градском саобраћају обично се одређује посебно за период највећег оптерећења, а посебно за период када то није случај. Зависи од броја путника који треба да се превезу у току једног часа и броја путника које једно возило може да превезе за то исто време:

$$Ah = \frac{Phsr}{p \cdot \epsilon a \cdot \eta sm} [voz \cdot /h],$$

где је:

Phsr – просечан број путника који треба да се превезе у једном смеру за један час.

Број путника који треба да се превезе за један час добија се из односа укупног броја путника које треба превести за један дан и радног времена линије:

$$Phsr = \frac{Pdn}{T} [voz/h]$$

## ПРЕВОЗНА СПОСОБНОСТ ЛИНИЈЕ

Учесталост или фреквенција возила на линији показује однос броја возила који на тој линији ради и трајања обрта возила:

$$\Delta h = \frac{AR \cdot 60}{t_0} \text{ [voz/h]}.$$

Овај образац не даје могућност процене ефикасности превоза на тој линији јер се из њега не види број места која путницима стоје на располагању у току једног часа. Ако се просечан број места у возилу обележи са  $p$ , онда је укупан проток броја места у току једног часа у једном смеру:

$$Q = \Delta h \cdot p \text{ [mesta/h]}.$$

Број места која путницима стоје на располагању у току једног часа на некој тачки на линији назива се превозна способност линије. Заменом учесталости возила у обрасцу за превозну способност линије добиће се:

$$Q = \frac{60 \cdot AR \cdot p}{t_0}.$$

$$\text{Пошто је: } t_0 = \frac{2K160}{V_0} \text{ [h]},$$

где је:

$$V_0 \text{ [km/h]} - \text{брзина обрта,}$$

заменом у датом обрасцу добија се:

$$Q = \frac{V_0 \cdot AR \cdot p}{2K1} \text{ [mesta/h]}.$$

На основу ове формуле може се анализирати утицај брзине и капацитета возила на превозну способност линије.

Г - абстрактна на неравномерност броја путника на линијама у току дана, број путника просечно треба рачунати за сваки интервал времена и ван врхова.

Број путника у врховима биће:

$$P_{\text{max}} = P_{\text{avg}} \cdot \eta_n \text{ [put/h]},$$

где је:

$P_{\text{max}}$  [put/h] - број путника који се превози у часу вршног оптерећења,

$P_{\text{avg}}$  - просечан број путника,

$\eta_n$  - степен часовне неравномерности.

За усталене линије, ако је познат број возила који на тој линији ради, учесталост се добија из односа тог броја возила и времена трајања обртања по обрасцу:

$$\Delta h = \frac{AR \cdot 60}{t_0} \text{ [voz/h]},$$

где је:

$t_0$  (min) - време трајања обрта возила.

Интервал војње је временски размак између двају узастопних пролазака возила кроз неку тачку на линији. У градском саобраћају је обично изражен у минутима.

Када је познат број возила који раде на линији, интервал ће бити:

$$I_w = \frac{t_0}{AR} \text{ [min]},$$

што значи да су фреквенција и интервал војње међусобно реципрочне вредности,

$$I_w = \frac{1}{\Delta h} \text{ и } \Delta h = \frac{1}{I_w},$$

односно:

$$I_w = \frac{60}{\Delta h} \text{ [min]}.$$

### ПРОРАЧУН ПОТРЕБНОГ БРОЈА ВОЗИЛА НА ЛИНИЈИ

Број возила за рад на линијама градског јавног превоза одређује се посебно за рад за тзв. вршна оптерећења, а посебно ван врхова, и то на основу протока путника. При томе се најпре одређује потребна фреквенција возила да би се задовољили превозни захтеви. Дакле, број возила на раду биће:

$$AR = \frac{Ah \cdot t_0}{60} \text{ или } AR = \frac{t_0}{I_w} I_w = \frac{t_0}{AR}$$

Време трајања обрта биће:

$$t_0 = 2 \left( \frac{K_1}{V_s} + i \cdot t_s + t_k \right) \text{ или}$$

$$t_0 = 2 \frac{K_1 160}{V_0},$$

где је:

$K_1$  [km] – дужина линије,

$i$  – број међустаница,

$t_s$  – време стајања на међустаницама,

$t_k$  – време стајања на терминусима.

**Пример.** – На линији градског саобраћаја потребно је да се превезе у току