

ВЛИЯНИЕ НА ВЪВЕЖДАНЕТО НА МЕТРОПОЛИТЕНА ВЪРХУ ОПТИМАЛНАТА ПЛЪТНОСТ НА ТРАНСПОРТНАТА МРЕЖА

Тошо Качаунов

f_tm@vtu.bg

доцент, д-р, Висше транспортно училище "Тодор Каблешков", 1574 София, ул. "Гео Милев" № 158
БЪЛГАРИЯ

Резюме: Разглежда се влиянието от въвеждането на линиите на метروполитена върху оптималната гъстота на транспортната мрежа в градовете. Определени са показателите на градския транспорт, които се изменят. Предлага се отделно разглеждане на зоната обслужвана с метро от останалата градска част.

Ключови думи: транспортна мрежа, плътност, метро

ВЪВЕДЕНИЕ

Въвеждането в експлоатация на метрополитена води до значително подобряване на обслужването на пътиците. Същевременно изисква съществено изменение на параметрите и организацията на конвенционалния масов градски пътнически транспорт. На първо място трябва да се промени съществуващата маршрутна система като се премахнат дублиращите линии и се създадат нови подвозащи.

Освен това линиите на метрополитена се добавят към общата дължина на транспортната мрежа на масовия градски пътнически транспорт и увеличава нейната плътност d . Ако оптималната стойност на d е била по-голяма от действителната, то може да се докаже, че се осъществява положително доближаване към по-добро обслужване на пътниците.

Ако процесите свързани с въвеждането на нови линии на метрополитена се анализират по-подробно се установява значително влияние върху работата и параметрите на останалата част от масовия градски пътнически транспорт. Тъй като метрополитен се прокарва по направление на най-големите пътникопотоци, то те извършват все по-голяма част от пътникокилометровата работа на градския транспорт.

Съответно пътниците към останалата част на градския транспорт намаляват. За да не се изразходват излишни средства следва да се извършат съществени промени в конвенционалния градски пътнически транспорт (автобуси, тролейбуси и трамваи). Необходимо е съкращаване на определен брой транспортни средства в размер равен на работата усвоена от метрополитена. Водещо до увеличаване на средния интервал за движение. Ако не се измени гъстотата на транспортната мрежа то последствие от въвеждането на метро политеи ще бъде съществено увечаване на времето за чакане на транспортното средство от конвенционалния транспорт. Това налага въпросът за оптималната плътност на транспортната мрежа да се разглежда в светлината на пролемите вцялосния градски транспорт.

1. ПОСТАНОВКА НА ПРОБЛЕМА

Проблемът за оптималната плътност на транспортната мрежа в градския транспорт $d_{\text{опт}}$ се разглежда в редица трудове. В [1] е даден обобщен модел основан на минимизиране на общото време за придвижване на средния пътник за пиков период. Като краен резултат е получена формулата (1):

$$(1) \quad d_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{H \cdot h \cdot l_{\text{ср}} \cdot k_{\text{н}}}{3 \cdot T_{\text{р}} \cdot m_{\text{р}} \cdot k_{\text{зап}} \cdot V_{\text{п}}}}, \quad [\text{km}/\text{km}^2],$$

където:

H – плътност на населението в [жители/ km^2];

h – транспортна подвижност на населението в брой пътувания на един жител за денонощие;

$l_{\text{ср}}$ – средно разстояние за пътуване в [km], включва разстоянието от качването в първото превозно средство до слизането от последното;

$k_{\text{н}}$ – коефициент на неравномерност включващ сезоните и вътрешно-дневните отклонения;

$m_{\text{р}}$ – разчетна вместимост на транспортните средства в [път/тр. ср];

$k_{\text{зап}}$ – коефициент на запълване на транспортното средство по дължината на маршрута;

$T_{\text{р}}$ – работно време на МГПТ в [h/денонощие];

$V_{\text{п}}$ – скорост на пешеходно движение в [km/h].

Както се вижда от (1) основния параметър, който се изменя съществено с въвеждането на метрополитена е $m_{\text{р}}$, защото метроваковете имат четири вагона с обща пътниковместимост от 1278 пътника. В бъдеще е възможно и по-големи състави. В конвенционалния транспорт тя е от 80 пътника за единичен автобус до 250 пътника за двойносъчленен трамвай. Тъй като средната пътниковместимост е в знаменателя на $d_{\text{опт}}$ то тя ще се намали. Като се отчетат и допълнителните линии на метрополитена то дължината на транспортната мрежа на конвенционалния транспорт трябва да се съкрати съществено.

За определянето на конкретната стойност на $d_{\text{опт}}$ е необходимо да се изчисли новата средна вместимост – $m_{\text{ср}}$, на транспортните средства. Това не може да стане с помощта на броя транспортни средства в движение от конвенционалния транспорт $N_{\text{ок}}$ и от метрополитена $N_{\text{ом}}$, защото двата вида имат доста различаващи се експлоатационни скорости. Както е известно $m_{\text{р}}$ се използва за определяне на средния интервал, следователно нейното осредняване трябва да се извърши на база на сумарните пробези.

$$(2) \quad m_{\text{ср}} = \frac{\sum m_i l_i}{\sum l_i}, \quad [\text{пътник}/\text{тр. средство}],$$

където: l_i е общия пробег на транспортните средства с пътниковместимост m_i . В конкретния случай за опростяване се разглеждат две стойности на m_i :

m_1 – средна пътниковместимост на транспортните средства от конвенционалния транспорт (преди въвеждане на метрополитена);

m_2 – пътниковместимост на метросъставите.

Ако се приеме, че коефициента на запълване на картограмата не се променя т.е. е приблизително еднакъв за конвенционалния транспорт и за метрото след преобразувания се получава по-лесната за анализ и използване формула:

$$(3) \quad m_{\text{ср}} = \frac{m_1 m_2}{(1-k)m_2 + k m_1} \quad [\text{пътник}/\text{тр. средство}],$$

където: k е относителния дял на пътничкилометровата работа извършена от метрополитена от общата на всички видове транспорт.

Посоченият начин позволява да се направят полезни изводи относно влиянието на метрополитена но не бива да се използва за взимане на конкретни управленчески решения.

Направеният в [2] анализ показва, че посочената в [1] методика в стремежа да даде лесно решение, се базира на редица опростяващи предположения, най-важните от които са:

- за определяне дължината на пешеходното придвижване се приема квадратна транспорта мрежа, в която всички линии са равнопоставени т.е. пътникът се придвижва към най-близката линия;

- пътникът се качва на първото пристигнало транспортно средство;

- не се отчита неравномерността на интервалите за движение на транспортните средства, техният коефициент на вариации се приема за нула.

Отчитането на посочените по-горе проблеми усложнява получаването на решение, но крайният резултат се разминава значително и е много по-реалистичен.

Метрополитенът, като скоростен транспорт притежава качества различаващи го от другите видове градски транспорт. По тази причина е важно да се изясни доколко новите характеристики се отличават и до колко това ще се отрази на поведението на пътниците. Отговорите на тези въпроси ще изяснят може ли да се използва простия модел в [1], усъвършенствани в [2] или трябва да се търси ново решение.

2. АНАЛИЗ НА ВЛИЯНИЕТО НА ХАРАКТЕРИСТИКИТЕ НА МЕТРОПОЛИТЕНА ВЪРХУ ПОВЕДЕНИЕТО НА ПЪТНИЦИТЕ

На първо място скоростта за придвижване на пътниците в метрополитена е по-привлекателна. Следва да се очаква, че част от пътниците ще предпочетат да се придвижат до по-далечната линия на метрополитена, а не до по-близката на тролея или автобуса. При еднакви други условия това увеличава средното разстояние за пешеходно придвижване до линиите на градския транспорт.

По линиите на метрополитена няма маршрути т.е. пътника се качва на първото пристигнало транспортно средство. В конвенционалния градски транспорт, особено в големите градове, коефициента на маршрутизация е голям. Пътникът чака подходящ маршрут (маршрути) и неговото чакане не е половината от средния интервал, а достига по-голям. При развита метросхема влиянието на този фактор се засилва поради разликата в таксуването на пътниците. При конвенционалния транспорт всяко прекачване се таксува, докато при метрополитена е безплатно. Това принуждава някои от пътниците да изчакват маршрути с малка честота (голям интервал) макар да имат по-бърза схема на придвижване с прекачване. Поради естеството на организацията на движението метрополитенът има голяма регулярност с много ниски стойности на коефициент на вариации. Във формулата за времето за чакане на пътника то се повдига на квадрат и следователно може да се пренебрегне. При конвенционалния транспорт особено в съвременните условия на задръствания регулярността е ниска и оказва определено влияние върху чакането на пътниците на спирките. Посочените съществени различия между метрополитена и конвенционалния транспорт показват, че в контекста на определянето на оптимална плътност на транспортната мрежа, те не следва да се разглеждат заедно.

3. ОПТИМАЛНА ПЛЪТНОСТ НА ТРАНСПОРТНАТА МРЕЖА НА ГРАДСКИЯ ТРАНСПОРТ СЛЕД ВЪВЕЖДАНЕ НА МЕТРОПОЛИТЕН

Най-лесният начин за решаване на проблема е отделното разглеждане на транспортните мрежи на метрополитена и другите видове градски пътнически транспорт.

Основният проблем е каква част от територията на града да се отдели като гравитираща към метромрежата и каква да се остави за други видове градски пътнически транспорти. За целта трябва да се решат две задачи:

- къде да е разделителната линия между метрополитена и успоредните линии на конвенционалния транспорт;

- каква част от територията да се отдели за пресичащите линии.

3.1. Определяне разделителната линия между метрополитена и успоредните линии

Както бе посочено метрополитена притежава редица предимства в сравнение с други видове масов градски пътнически транспорт. По тази причина при избора на транспортна линия пътника няма да се ръководи от най-късото разстояние.

При равни други условия (парични и наличие на транспортни връзки) пътникът ще се насочи, към такъв вариант, който осигурява най-малко общо време за придвижване. Ако се приеме, че интервалите за движение са с близки стойности, то пътникът може да избере по-дълго пешеходно придвижване до линията на метрополитена, за сметка на по-бързото движение. Граничната стойност може да се определи от условието:

$$(4) \quad T_{nm} + T_{\partial m} \leq T_{nk} + T_{\partial k},$$

където: T_{nm} е времето за пешеходно придвижване до линията на метрополитена;

$T_{\partial m}$ - време за движение с метрополитен;

T_{nk} и $T_{\partial k}$ са времена за пешеходно придвижване и движение по конкурентната успоредна линия на конвенционалния масов градски пътнически транспорт.

Може да се запише:

$$(5) \quad \frac{l_{n1}}{V_n} + \frac{l_{cp}}{V_{\partial m}} \leq \frac{l_{n2}}{V_n} + \frac{l_{cp}}{V_{\partial k}},$$

където: V_n е скоростта за движение на пешеходеца;

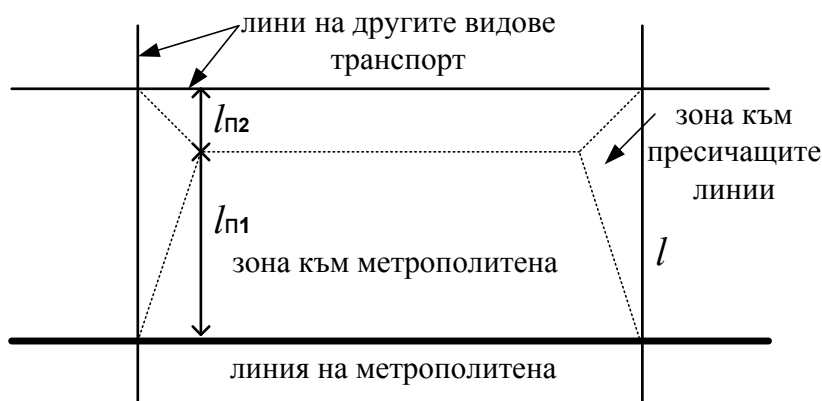
l_{n1} - дължина на пешеходното придвижване до линията на метрополитена;

l_{n2} - дължина на пешеходното придвижване до успоредната линия;

$V_{\partial m}$ и $V_{\partial k}$ скоростите на движение на метрополитена и на конвенционалния транспорт;

l_{cp} - средно разстояние за движение с транспортно средство.

Общо l_{n1} и l_{n2} дават разстоянието между двете линии l . Това е показано на фигура 1.



Фиг.1

От (5) след преобразувания се получава:

$$(6) \quad l_1 = 0,5l + 0,5l_{cp}V_n \left(\frac{1}{V_{\partial k}} - \frac{1}{V_{\partial m}} \right), \text{ [км]}$$

Използвайки (6) може по карта с разположението на линиите на масовия градски транспорт да се очертае разграничителни линии определящи зоната на притегляне на метрополитена.

За теоретични разчети може да се използва извадената в [2] зависимост при квадратна мрежа

$$(7) \quad l = d/2, \text{ [км]}$$

3.2. Определяне зоната на притегляне от линиите пресичащи метрополитена

При определянето на зоната на притегляне от линиите пресичащи метрополитена не може да се подходи от условието (4), защото при добре изградена маршрутна система пресичащите линии трябва да свързват райони, които не са обхванати от метрополитена. Тези пътници, които пътуват до тези райони ще предпочетат конвенционалния транспорт независимо от дължината на пешеходното придвижване и времето за движение поради липсата на алтернативни варианти.

Ето защо този въпрос не може да се реши чисто теоретически, а следва да направят статистически изследвания или да се ползват експертни оценки. Въпреки това може да се направят някои допускания, които да позволят опростяване на проблема.

На първо място при достатъчно развита мрежа на метрополитена линиите на конвенционалния транспорт намаляват своята самостоятелна дейност и засилват ролята си на подвозващ транспорт. По тази причина пътниците в зоната на пешеходна достъпност на метрополитена, които ще се насочват към пресичащите линии на конвенционалния масов градски пътнически транспорт ще намаляват.

Приемайки горните допускания зоната на притегляне на пресичащите линии може да не се отчита. Част от тяхната дължина, заключена в зоната за притегляне на метрополитена, се изважда от общата дължина на мрежата на конвенционалния транспорт.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложението за определяне на оптимална плътност на транспортната мрежа на масовия градски транспорт, основано на разделянето на двете мрежи и начините за определяне на отделните зони се основава на предположения относно поведението на масовия пътник.

В конкретни случаи те може да не са в сила. Например:

- при трудно подвижни пътници;
- при специфични разположения на началната и крайната точка на придвижването;
- при големи разлики в честотата на движение, комфорта и др.

Тези проблеми са характерни и за другите теоретични модели свързани с оптимизацията на масовия градски пътнически транспорт. Ето защо може да се твърди, че предложеният модел ще даде по-добри резултати от използваните до сега.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Юдин Б., Д., Самойлов, “Городской транспорт”, М., „Высшая школа”, 1975
- [2] Качаунов Т., “Усъвършенстване определянето на оптималната плътност на транспортната мрежа”, Втора научно-техническа сесия, 1991
- [3] Качаунов Т., Стаменов, В., “Градски пътнически транспорт”, ВТУ „Тодор Каблешков”, 1994

INFLUENCE OF THE INTRODUCTION OF SUBWAY LINES ON THE OPTIMAL DENSITY OF THE TRANSPORT NETWORK

Tosho Kachaunov

*Assoc. Prof., Ph.D., Eng., Higher School of Transport “Todor Kableshkov”, 1574 Sofia, 158 Geo Milev Str.
BULGARIA*

Key words: *transport network, density, subway*

Abstract: *The influence of the introduction of subway lines on the optimal density of the transport network is analyzed. The variable key performance indicators for public transport are determined. A proposal is made for the separation of the zone serviced by subway from the remaining city area.*