

АНАЛИЗ НА ФАКТОРИТЕ ОПРЕДЕЛЯЩИ ОПТИМАЛНАТА ПЛЪТНОСТ НА ТРАНСПОРТНАТА МРЕЖА В ГРАДСКИЯ ПЪТНИЧЕСКИ ТРАНСПОРТ

Тошо Трифонов Качаунов

kachaunov@vtu.bg

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”,
Ул. „Гео Милев” №158, София
БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: градски транспорт, транспортна мрежа, плътност

Резюме: Плътността на транспортната мрежа е основна характеристика на масовия градски пътнически транспорт. За определяне на нейната оптимална стойност има разработена методика използваща като критерий минималното време за придвижване.

Анализирани са основните фактори влияещи върху крайния резултат като: вид на транспортната мрежа, територия и др. Особено внимание е отделено на изясняване на наличието на зависимост между отделните фактори. С помощта на собствени изследвания и данни от анализа на литературни източници са определени основните фактори и тяхното конкретно влияние

1. Въведение.

Плътността на транспортната мрежа d се дефинира като отношение на дължината на транспортната мрежа L към обслужваната (заеманата) територия на града F . Тя е важна характеристика на масовия градски транспорт (МГТ), силно влияеща върху качеството на обслужване. Високата плътност осигурява къси пешеходни придвижвания, но разпределянето на постоянното количество подвижен състав води до увеличаване на интервалите за движение и чакането на пътниците на спирките. В градският транспорт оптималната плътност на транспортната мрежа се определя от изискването за минимално време за придвижване включващо: време за пешеходно придвижване от и до спирките на МГПТ; време за чакане, време за движение с транспортно средство и време за прекачване.

Подробно въпросът е разгледан в [1] стр. 48. На базата на тази методика в [2] стр. 86 е даден краен израз позволяващ определянето на оптимална стойност на плътността на транспортната мрежа

$$(1) \quad d_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2Hhl_{\text{спкн}}}{3t_p m_r^{\text{кзан}} v_{\text{п}}}}$$

Където:

H – плътност на населението в жители на км²;

h – подвижност на населението в брой пътувания с градски транспорт на един жител за денонощие;

$l_{\text{ср}}$ - средно разстояние за пътуване с градски транспорт в км;

$k_{\text{н}}$ – коефициента на неравномерност включващ сезонните и вътрешнодневните неравномерности;

$m_{\text{т}}$ – средна разчетна вместимост на транспортни средства в пиковия период в пътници на едно транспортно средство;

$k_{\text{зап.}}$ - коефициент на запълване;

$v_{\text{п}}$ – средна скорост за пешеходно придвижване в км/час;

$t_{\text{р}}$ – работно време на градския транспорт в часове за денонощие.

Прилагането на (1) за определяне на оптимална плътност води до завишаване на крайният резултат. Основна причина е в определянето на времето за чакане на спирките. В (1) не се отчита, че в големите градове има висок коефициент на маршрутизация и в много случаи пътника не се качва на първото транспортно средство. Освен това при неравномерност на движението, което е силно изразено в пиковите периоди, чакането се увеличава с коефициента на вариации на интервалите между постъпването на транспортните средства на спирките.

Друг фактор, който трябва да се отчете е начина на определяне на средното разстояние за пешеходно придвижване до линията на градския транспорт. Използваната зависимост е изведена при предпоставките за квадратна мрежа и придвижване към най-близката линия. Тъй като в реални условия и двете се нарушават то времето за пешеходно придвижване е по-голямо.

Както се вижда от (1) оптималната плътност зависи от голям брой фактори като тези в числителя водят до нейното увеличение, а тези в знаменателя обратно я намаляват. Естествено важни са тези фактори, които могат да се управляват като $m_{\text{т}}$, $k_{\text{зап.}}$, $t_{\text{р}}$ и тези, които имат най-голяма дисперсия. Съществено влияние оказват параметрите на транспортната работа: брой пътувания и средно пропътувано разстояние.

Най-простия начин за изследване влиянието на посочените фактори е като се замести в (1) със стойности в границите на тяхното изменение и се анализира крайния резултат. Лесно може да се изчисли, че увеличение с 10% на факторите в числителя $d_{\text{опт}}$ се увеличава приблизително с 5 %, а при 50% увеличението е 22% и т.н. Този подход може да доведе до погрешни изводи. Причина за това е, че в градския транспорт съществуват сложни взаимни връзки като изменението на един фактор може да е свързано с промяната на няколко други. Ето защо за да има полза от анализа на факторите е необходимо да решат следните задачи:

- Да се анализират възможните връзки между факторите.
- Да се установи кои параметри имат обективен характер и кои са тяхно следствие.
- Да се намерят, доколко е възможно, конкретните форми на тези връзки.

2. Анализ на връзките между факторите.

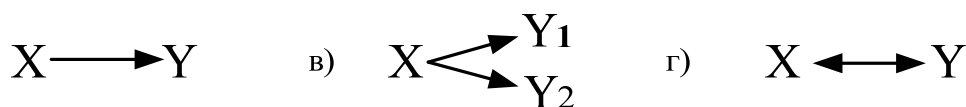
Теоретично са възможни следните типове връзки (фиг.1):

а) факторът е независим;

б) факторът зависи от друг параметър;

в) съществува фактор извън (1), който оказва влияние на тези от (1).

г) факторите взаимно си влияят



фиг. 1

Последователно ще бъдат анализирани, както факторите участващи в (1) така и тези които допълнително трябва да отчетат. Ще бъде направен опит те да се отнасят към един от посочените типове.

Към независими фактори (тип а) може да се отнесат:

- видът на транспортната мрежа;
- коефициента на вариации на интервалите но само за един маршрут;
- коефициента на запълване.

Към тях може да се присъедини скоростта за пешеходно предвижване, въпреки че има данни за нейното увеличаване в градовете с по-голяма територия.

По подобен начин стои въпросът с гъстотата на населението. Следва да се изясни дали е специфична независима величина или зависи от територията. Към зависимост от (тип б) може да се отнесе връзката между коефициента на неравномерност и работното време на градския транспорт. Колкото работното време е по-дълго толкова и K_N се увеличава. Тъй като единият фактор е в числителя, а другия в знаменателя то тяхно влияние се елиминира.

Факторите подвижност на населението и средно пропътувано разстояние определят обема на транспортната работа и силно влияят на цялостната дейност на градския транспорт. Те могат да се отнесат към тип (в), тъй като особено за l_{cp} е доказано, че пряко зависи от територията на града. Изследванията [1], [3] и [4] показва същото за транспортната подвижност.

Към горните фактори следва да се причисли и m_p .

Известно е, че при пътническите превози, колкото вместимостта на транспортното средство е по-голяма толкова по-малки са разходите и себестойността на превозите. Повишаването на m_p се ограничава от изискването за качеството на транспортното обслужване, което зависи от интервалите за движение. При големите градове се формират мощни пътнически потоци, което позволява въвеждане на транспортни средства с по-голяма вместимост (трамваи, съчленени автобуси, метро и др.).

Както бе посочено за получаването на реалистични резултати към (1) трябва да се отчете допълнително следните фактори:

На първо място това е поведението на пътниците при избор на транспортна линия. Средното пешеходно придвижване е определено при допускането, че пътника се предвижва към най-близката линия. Тъй като линиите не са равностойни то пътника често се насочва към по-далечната но по удобна. Това увеличава реалното средно пешеходно разстояние и води до увеличаване на $d_{оп}$. Няма данни да са правени проучвания и корекции на зависимостта на пешеходното предвижване. Ето защо този въпрос ще бъде третиран теоретично като се зададат няколко степени на увеличение.

На второ място следва да се отчете, че при коефициента на маршрутизация по-голям от единица пътниците не се качват винаги на първото транспортно средство това води до увеличаване времето за чакане и до увеличаване на $d_{оп}$. Тук следва да се отчете и факта, че се събират няколко потока транспортни средства което води до увеличаване на коефициента на вариации на интервалите и също повишава времето за чакане. По същия начин оказва влияние и увеличаването на коефициента на прекачване.

Посочените три фактора следва да се отнесат към тип (в) тъй като и двата коефициента на маршрутизация и на прикачване се увеличават с територията на града.

В заключение може да се направят следните основни изводи:

- По голямата част от факторите зависят от територията на града. Следователно не е коректно да се отчитат самостоятелно;
- Час от факторите са взаимно свързани и следва по възможност да се обобщат.

- Особено внимание следва да се обърне на транспортната подвижност на население защото тя зависи от повече фактори включително и от гъстотата на транспортната мрежа.

3. Установяване на връзките между анализирани фактори.

Намирането на връзките между изследваните фактори е сложна задача. Основната причина е в техния стохастичен характер. Това предполага наличие на значителни по обем изследвания, което за условията на градския транспорт в Р България не е правено. По тази причина ще бъдат проучени, анализирани и ползвани данни от достъпни чуждестранни източници, резултата от предишни изследвания на автора и направени специално за настоящия доклад изследвания.

Относно l_{cp} е установено, че нараства с увеличаване територията на града. В [1] стр. 132 въз основа от данни от 30 големи градове се препоръчва следната формула

$$(2) \quad l_{cp} = 1.3 + 0.13\sqrt{F}, \text{ км}$$

В [4] се дава зависимост на l_{cp} от натуралния логаритам от броя жители N . Подобна формула е посочена и в [1]. Тъй като дължината на предвижване зависи основно от линейните размери на града, а тя от F по-правилно е да се използва (2).

При определянето на транспортната подвижност на населението с градски транспорт, трябва да се отчете следното. Тя се получава като от общата се извадят пътуванията с лични превозни средства и пешеходните предвижвания.

Тук има няколко възможности:

- По отчетни данни градския транспорт да се получи директно подвижността с МГТ;
- С помощта на анкети да се определи общата подвижност и от нея да се извадят другите две;
- Да се определят пиковите предвижвания посредством данни от структуроопределящите предприятия и учебни заведения (възможно е само за малки и средни градове);

В [1] на стр. 122 са дадени резултати от мащабно изследване на транспортната подвижност в зависимост от броя жители, на стр.127 за коефициента на прекачване с няколко варианта. Подобна графика е дадена и в [5]. Възможност за отчитане пешеходните предвижвания дава номограмата в [1] стр. 184. В [5] е дадена графика на транспортната подвижност в зависимост от населението и количеството автомобили на 1000 жителя. За съжаление автора не е уточнил за каква подвижност се отнася общо транспортна или с МГТ.

Влиянието на населението на града върху вместимостта е показано на стр.196 в [1]. Препоръчва се големите градове с население над 1 милион души да имат средна вместимост 130 пътника на транспортни средства, а за най-малките до 100 хиляди души - 50 пътника на транспортно средство. Посочените данни не могат да се използват директно, за нашите условия тъй като в България е прието много висок норматив на запълване (за София в час пик 7 души на квадратен метър). По-тази причина в разчетите извършени в точка 4 се използва приблизителен метод основан на линейна зависимост на m_t и населението на града.

Най-слабо проучена е зависимостта между коефициента на маршрутизация и броя пропуснати транспортни средства. В [6] е проведено ограничено по обем изследване и е определена регресионна зависимост, която с редица условности може да се използва.

4. Резултати

Влиянието на относително независимите фактори ще се отчита самостоятелно, а на останалите комплексно като се избере един основен и останалите се определят спрямо него.

Поради големият обем на изчисления ще бъдат дадени само крайните резултати като се посочват предположения, при които те са получени.

За провеждането на изчисленията са необходими данни относно характеристики на градската среда като територии, плътност на населението и др. Използването на официалната информация е свързано с редица проблеми. Основен е въпросът с градската територия. Проблемът е това, че данните се отнасят за административната територия, а не за заселената. Например за гр. София според данни от интернет територията 1344 кв.км (по други данни 492 кв.км.), а според центъра за градска мобилност обслужваната е само 167 кв.км. Някои изследвания по картата на града показват около 100 кв.км. Проблемът с определянето на заселената територия е дискуссионен. С цел да се получат съпоставени данни е необходимо те да са провеждат по една и съща методика и от един изследовател.

Това наложи автора да проведе разчети по карти на градовете и мащабна мрежа. Резултатите са посочени в таблица 1. Данните за София са без отдалечените квартали (Лозен, Герман, Панчарево, Симеоново и др.) а тези на Бургас без кв. Меден рудник.

Таблица 1

Показател	София	Пловдив	Варна	Бургас	В.Търново
Административна територия кв.км.	1344	102	154	254	3,4
Заселена територия кв.км.	70	18	14	7,2	3
Население х. жители	1202	338	334	200	69
Плътност жители/кв.км.	17171	18777	23850	21700	22660
Дължина на тр. мрежа км.	330	70	52	22	12
Плътност км./ кв.км.	4,71	3,8	3,7	3,1	3,98
Вид на мрежата	Радиална	Правоъгълна	Правоъгълна	Правоъгълна	Радиална

Забележка: Тъй като няма транспортна мрежа в чист вид в последния ред е написана преобладаващата форма.

4.1. Отчитане влиянието на видът на транспортната мрежа.

Използвани са получените в [7] зависимости на средното пешеходно придвижване при различни транспортни мрежи.

При пресмятането са взети данни за гр. София: $\kappa_n=2$; $h=3.5$ пътувания на човек за ден

$$t_p = 20 \text{ часа/денонощие};$$

$$\kappa_{\text{зап.}} = 0.52; V_n = 5 \text{ км./час.}$$

Изчислена е средно притеглената вместимост 145 пътника на транспортно средство. Коефициентът на вариации на интервалите се приема 0.

Резултатите са показани в таблица 2.

Таблица 2 оптимална гъстота на транспортната мрежа в км/кв км

Вид на мрежата	Квадратна	Триъгълна	Радиално-кръгова с два диаметъра	Радиална с два диаметъра
Оптимална гъстота	6,35	8,35	7,26	6,08

Високите стойности на $d_{\text{оп}}$ се дължат на факта, че за опростяване на изчисленията не се отчитат някои допълнителни фактори увеличаващи престоя на пътниците в чакане на транспортното средство и водещи до намаляване на оптималната чистота (коефициент на прекачване, коефициент на пропускане и др.) Тези и др. фактори ще бъдат включени в следващата подточка.

4.2. Отчитане влиянието на големината на населението.

За да се получи съпоставимост на резултатите всички фактори, които слабо зависят от големината на населението се приемат еднакви. Това са t_p , K_H и $K_{зап}$ и $V_{п.}$. Приема се коефициент на вариации на един маршрут =0.25 и квадратна транспортна мрежа.

Не изяснено дали удължаването на пешеходното предвижване при избор на удобна линия зависи от големината на града. Не са налични изследвания за величината на този коефициент и факторите които го обуславят. По тази причина той няма да бъде отчитан.

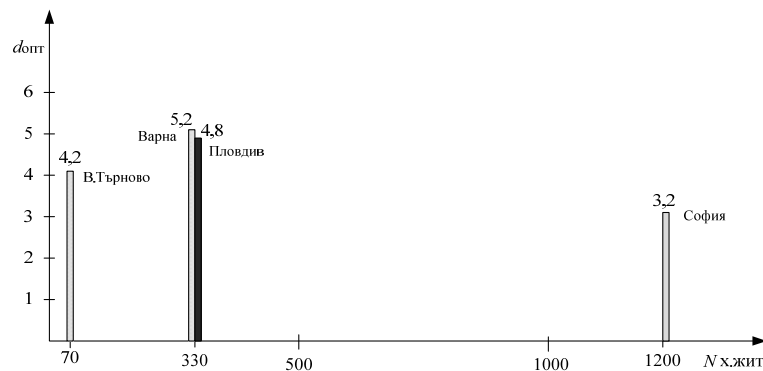
За изчисления се избират градовете София, Пловдив, Варна и В. Търново.

Всички останали фактори в (1) и описаните допълнително се определят в зависимост от броя жители и данните от таблица 1:

- Средната дължина на пътуване се определя от формула (2);
- Коефициента на прекачване се определя графично от зависимостта в [5] подобни резултати ще се получат, ако се използват и тези в [1];
- Броя пропуснати транспортни средства се изчислява по регресната зависимост от [6]. Коефициента на маршрутизация се определя графично като се приеме стойност 3,2 за София и 1,1 за В.Търново;
- При определянето на подвижността на населението има две възможности. Едната е използването на коефициент на транспортна подвижност [5], а другата публикуваната в [1] зависимост между подвижността и броя жители като се мащабира за наши условия.

С помощта на известни формули от теорията на масовото обслужване и графично се определя коефициента на вариация при няколко маршрута.

Направените разчети показваха, че използването на графиката от [5] води до нереалистични резултати. Показани са само резултатите основани на изследванията за подвижността на населението от [1] – фигура 2.



фиг. 2

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Направеният анализ показва, че плътността на транспортната мрежа се влияе от множество фактори, както специфични така и общи. Към последните следва да се отнесе броя на жителите. Резултатите показани на фиг. 2 показват, че най-висока плътност трябва да има в градове със средна големина. Това се дължи на по-малката вместимост на транспортните средства и малкия брой прекачвания.

Получените стойности не следва да се използват за препоръки относно развитието на транспортната мрежа защото, с изключение на град София не са отчетени специфични особености като $K_{зап}$ и др.

За по-точни резултати в (1) следва да се използва не дневната подвижност, а часовата в пиковите периоди.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Юдин В.А., Самойлов Д.С. Городской транспорт, Москва, „Строиздат”, 1975 г.
- [2] Качаунов Т.Т., Стаменов В., Градски пътнически транспорт, ВВТУ „Т.Каблешков”, София, 1994 г.
- [3] Овесеников Е.В., Фишелсоен М.С., Городской транспорт, Москва, 1976 г..
- [4] Цибулка Ян, Качество пассажирских перевозок в городах (перевод с чешского), Москва, „Транспорт”, 1987 г.
- [5] Пемовский А. Пассажирские перевозки, Н.Новгород, 2011 г.
- [6] Качаунов Т.Т., Стаменов В., Изследване случайния характер на основни елементи на превозите в масовия градски транспорт, Научни трудове, ВВТУ „Т. Каблешков”, София, 1994 г.
- [7] Качаунов Т.Т., Симеонов В.С., Определяне дължината на пешеходните придвижвания за различни транспортни схеми в градския транспорт, X-та научна конференция с международно участие ТЕМПР`97, ВВТУ „Т.Каблешков”, София, 1997
- [8] Интернет (Internet)
- [9] Статистически годишници на Р България,

ANALYSIS OF THE FACTORS DETERMINING THE OPTIMAL DENSITY OF THE TRANSPORT NETWORK IN URBAN PUBLIC TRANSPORT

Tosho Trifonov Kachaunov
kachaunov@vtu.bg

*Todor Kableshkov University of Transport,
158 Geo Milev Street, Sofia,
BULGARIA*

Key words : *Urban Transport, Transport Network, Density*

Abstract: *The density of the transport network is a basic parameter of mass urban passenger transport. A method for determining its optimal value has been proposed. As a criterion for optimization it uses the minimum time for transportation. The basic factors which influence the final result have been analysed including the type of the transport network, territory, etc. Special attention has been paid to clarifying the presence of correlations among the various factors. Based on own research and an analysis of data from specialized literature the basic factors and their specific influences have been determined.*