

ОЦЕНКА НА ЕФЕКТА ОТ ИЗГРАЖДАНЕ НА РЕЛСОВА СИСТЕМА ЗА ПРЕВОЗ НА ПЪТНИЦИ В гр.СКОПИЕ – Р. МАКЕДОНИЯ

Тошо КАЧАУНОВ, Веселин СТАМЕНОВ

kachaunov@vtu.bg, v_stamenov@abv.bg

*ВТУ“Т. Каблешков”, 1574 София, ул. „Гео Милев” 158
БЪЛГАРИЯ*

Резюме: Във връзка с перспективата за строителство на градска релсова система за превоз на пътници в гр. Скопие, бе проведено изследване със следните крайни резултати: определяне на размерите и неравномерностите в разпределението на пътничко-потоците по направление на трасето и във времето; разработване на вариант за рационализиране на маршрутната система при въвеждането в експлоатация на трамвайната линия; определяне на рационална вместимост на трамвайната мотриси и необходимия инвентарен парк превозни средства; определяне на ефекта (ползите и разходите) за изграждане на релсовата система.

Ключови думи: Пътничкопотоци, маршрутна система, вместимост на трамвайна мотриси.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

В средни големи градове, масовия градски пътнически транспорт, се осъществява предимно с автобусен транспорт. Причините за това са лесното и бързо въвеждане и малките капитални вложения. С нарастването на градовете се увеличава големината на пътничкопотоците, като тя надхвърля превозната възможност на автобусните линии /5000-6000 пътника/час/. Освен това се засилват и проблемите с екологията и времето за придвижване на пътниците. Това налага да се търсят алтернативи на автобусните транспортни схеми.

Като най-добър вариант за решаване на проблемите с масовите пътнически превози в градовете за момента се счита метрото, но то е с много големи капитални вложения, с бавно строителство и се счита за икономически обосновано за градове с 1 000 000 жители и повече.

Една от възможните алтернативи, е трамвайния транспорт, който освен по-бързото въвеждане се характеризира с:

- по-малки първоначални капиталовложения;

- висока превозна способност;
- добри екологични показатели;
- при наличие на изолирани участъци достатъчно висока скорост за придвижване на пътниците.

Навярно горните съображения, са били в основата на взетото от управата на град Скопие решение за провеждане на проучване относно възможността за въвеждането на трамваен транспорт.

Проучването бе възложено на български колектив, в който участваха специалист от ВТУ “Т.Каблешков”. В доклада са показани резултатите от разработената от двамата автори част включваща:

- разработване на нова маршрутна система;
- определяне на вместимостта и броя на подвижния състав;
- определяне ефекта от въвеждането на релсовата система.

2. РАЗРАБОТВАНЕ НА НОВА МАРШРУТНА СИСТЕМА

По експертна оценка се определи, началния етап, да се изгради една трамвайна линия в

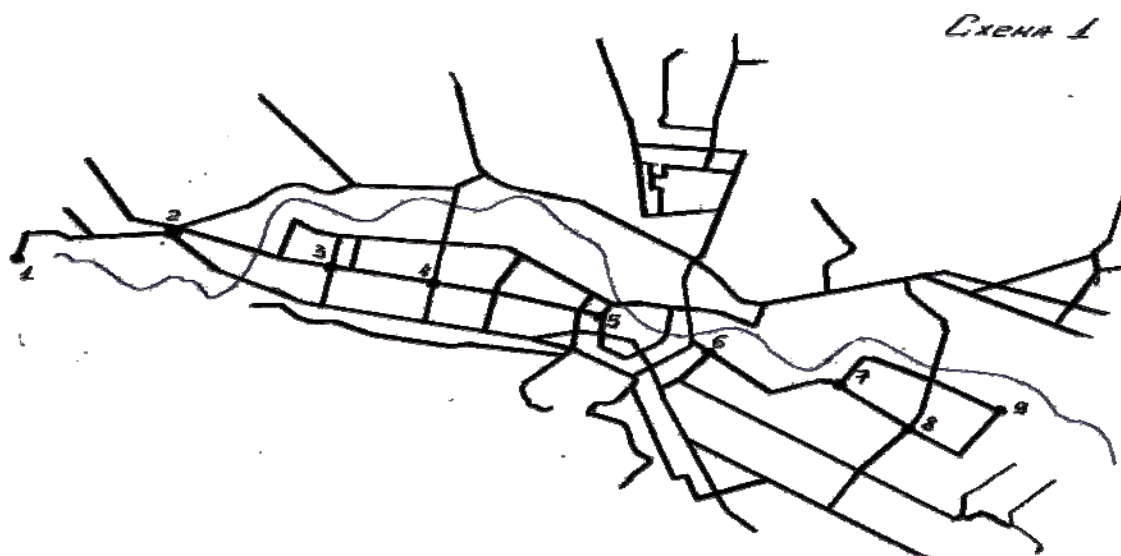
посока изток-запад, както е показано на схема 1. Линията бе разделена на осем участъка, за които се определиха размерите на пътничко-потоците за час пик и бе построена хронограма за разпределение на пътничкопотоците по часове на денонощието.

За пълното и ефективно „натоварване” на проектното трамвайно трасе, се анализира наличната маршрутна система на автобусни линии и се коригира, измени, така че да няма ненужно дублиране на трамвайния маршрут, с автобусни маршрути.

Анализа на съществуващата маршрутна система, цели да се преразпределят пътничко-

потоците между бъдещата трамвайна линия и оставащите автобусни маршрути. Такова преразпределение на пътничкопотоците по маршрутите на транспортната мрежа, може да се постигне чрез:

- изменение разположението и дължината на маршрутите;
- припокриване на отделни части от противоположни маршрути или разделяне на съществуващи маршрути на части;
- съчетаване на маршрути с различен режим на движение;
- регулиране на интервалите на движение и синхронизиране на разписанията за движение.



При експертния анализ на съществуващата маршрутна система и възможностите за нейното изменение, с оглед въвеждането в експлоатация на трамвайна линия по направление Изток – Център – Запад са отчетени следните съображения:

- трамвайната линия да се разглежда като основна по проектното трасе, а автобусните линии да са в качеството на подвозващ и развозващ транспорт;

- съществуващи автобусни линии, които изцяло се дублират с трамвайното трасе се закриват;

- автобусни маршрути, които частично се припокриват с трамвайното трасе, се съкращават, като се осигурява възможност за удобно прекачване на пътниците, чрез дублиране на една или две спирки;

- обединяват се маршрути които частично се припокриват с трамвайното трасе, а в

останалата си част се движат в посоки „север-център” и „юг-център”;

- остават но с променено трасе, извън зоната на привличане на трамвайната линия, маршрутни линии, осъществяващи връзки „запад-север”, „изток-север”, „запад-юг” и „запад-север”;

- съществуващи маршрутни линии се съкращават частично, като се „заглушават” по първи или втори ринг на транспортната мрежа, без да се изгражда крайна станция в централната градска част.

След внимателен и задълбочен експертен анализ, на съществуващата маршрутна система и с оглед на въвеждането в експлоатация на трамвайната линия, с отчитане на горепосочените съображения и начини, бе предложен вариант за коригиране на автобусните маршрутни и брой превозни средства по тях.

В резултат се съкращават общо 43 автобуса или около 30% от сега движещите се.

3. ИЗБОР НА ВМЕСТИМОСТ И ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НЕОБХОДИМИЯ ПАРК ТРАНСПОРТИ СРЕДСТВА

Задачата за избор на рационална вместимост на транспортното средство, съдържа в себе си вътрешно противоречие. От гледна точка на транспортното предприятие, е изгодно на маршрута да работят по-малък брой превозни средства /ПС/ с по-голяма вместимост.

От гледна точка на пътниците /потребителите на услугата/ е изгодно на маршрута да работят голям брой ПС с по-малка вместимост. При това и в двата случая трябва да е осигурено условието предоставената по маршрута превозна способност да е по-голяма от потребностите от превози.

Определянето на рационална вместимост на транспортно средство, за обслужване на пътниците по зададен маршрут, е ограничена в рамките от $m_{p. \min}$ до $m_{p. \max}$ определени съответно от $I_{дв. \min}$ и $I_{дв. \max}$.

където:

$m_{p. \min}$ –минимална вместимост на транспортното средство в пътници на транспортно средство.

$m_{p. \max}$ –максимална вместимост на транспортното средство в пътници на транспортно средство.

Определянето на $m_{p. \min}$ е от съображението за максимална пропускателна способност на линията, която за уличните видове масов градски пътнически транспорт се обуславя от минималния интервал на следване – **1 min.**

Определянето на $m_{p. \max}$ е от съображението за максимално допустимия интервал на движение, от гледна точка на пътниците, който би им осигурил икономия при използването на масов градски пътнически транспорт, в сравнение с алтернативен начин на придвижване.

В крайна сметка, обоснован избор на рационална вместимост на транспортното средство може да се направи, като се зададе чрез интервала на движение, определено ниво на качество на транспортното обслужване, приемливо за пътниците и като се отчетат възможностите за бъдещото им нарастване или ограничението от гледна точка на

пропускателната способност на линията и от там пределния превозен капацитет по нея.

Ето защо, като напълно приемлив и обоснован, от гледна точка на пътниците, за час пик, може да се приеме интервал за движение от три до четири минути, който осигурява и бъдещо увеличаване на превозния капацитет по линията.

От равенството между потребността от превози и предоставените за тяхното усвояване превозни възможности следва:

$$(1) N_{дв.} = F_{\max.} / m_{p.} \cdot k_{изп.},$$

но

$$(2) N_{дв.} = 60 / I_{дв.}$$

където:

F_{\max} – максималния пътничепоток в пиковия период в пътника за час;

$k_{изп.}$ – коефициент на използване на разчетната вместимост, на ПС, на участъка с максимален размер на пътничепотока за този час и гарантиращ надеждност на превозния процес равен на 0.95;

$N_{дв.}$ – интензивност на движение, в брой транспортни средства за час;

$I_{дв.}$ – интервал на движение в min.

Тогава при потенциален пътничепоток за часовете „пик” в размер на $F_{\max} = 3500$ пътника за час и приет интервал на движение $I_{дв.} = 3$ мин. се получава разчетната вместимост на едно превозно средство да бъде, $m_p = 184$ пътника.

Известно е, че разчетната вместимост на ПС за градски превози, се определя от местата за сядане и броя правостоящи, който зависи от приетия норматив за брой стоящи на кв. метър от свободното площ на салона за пътници, чиято стойност приемаме за 4 п/м^2 не пиковите часове и 6 п/м^2 за пиковите часове. Тези стойности определят номиналната и максималната разчетна вместимост на превозното средство.

Избираме мотриса с номинална вместимост 140 пътника(40 сеядщи и 100 правостоящи) и максимална вместимост 190 пътника (40 сеядщи и 150 правостоящи)

При определяне на необходимия брой превозни средства (ПС) за обслужване на даден маршрут, се изхожда от хронограмата за разпределение на пътничепотоците по този маршрут. Построяването на хронограмата, се основава на максималните часови стойности за пространствено разпределение на пътничепотоците. В конкретния случай, за

целта на проекта хронограмата е построена по определения размер на пътничопотока за сутрешен пиков период, възлизащ на 3280 пътника за час, с потенциален обем до 3500 пътника за час и часовата неравномерност на пътничопотоците ползващи наличните автобусни линии от „Основен транспортен план” Скопие 2000”.

Необходимия брой ПС се определя за всеки час или за период с относително постоянен пътничопоток. От анализа на хронограмата, се вижда, че могат да се обособят 5 периода с относително постоянен пътничопоток и различен размер: два пикови периода, един между пиков период и два периода с т.н. „дежурно движение”.

Определянето на необходимия брой ПС за всеки характерен период, се извършва с отчитане на специфичните особености на периода и пътничопотока.

За пиковите периоди се определя от:

$$(3) \quad N_{\text{ПСдв}} = [(F_{\text{max}} \times k_{\text{вчн}}) / (m_p \times k_{\text{изп}})] \times T_{\text{об}}$$

където:

F_{max} – разчетната стойност на пътничопотока пътн. за час;

$k_{\text{вчн}}$ – коефициент на вътрешночасова неравномерност, приемащ стойност 1.1 за часовете пик и 1 за непиковите периоди;

m_p – разчетна вместимост на едно ПС, при норматив 6 пътн/м²;

$k_{\text{изп}}$ – коефициент на използване на разчетната вместимост, на най натоварения участък от маршрута;

$T_{\text{об}}$ – времетраене на пълния оборот на ПС по маршрута изразен в часове.

За междупиковия период се определя от условието за по-добро качество на обслужване на пътниците или като се намали норматива за брой пътници на кв. метър или като на линията се оставят в движение превозните средства от час пик намалени с бройката ПС които трябва да преминават през техническо обслужване:

$$(4) \quad N_{\text{ПСдв}} = N_{\text{ПСдв5.1}} - N_{\text{ПСтех.об.}}, \text{ бр.}$$

Избира се по малката от двете стойности.

За часовете с „дежурно движение”, когато пътничопотоците са с незначителни размери, ограничаващото условие за необходим брой ПС се явява максимално допустимия от гледна точка на пътниците интервал на

движение - $I_{\text{дв max.}}$, който се дефинира като интервал на движение, при който пътник ползващ МГПТ би реализирал икономия от време при най неблагоприятната ситуация, в сравнение с времето, което би изразходвал за придвижване на същото разстояние пеша.

За тези периоди необходимия брой ПС се определя от:

$$(5) \quad N_{\text{ПСдв}} = t_{\text{об.мин.}} / I_{\text{дв max.}}, \text{ бр.}$$

където:

$t_{\text{об.мин.}}$ – времетраене на пълния оборот в минути;

$I_{\text{дв max}}$ – максимално допустим интервал на движение мин. които определяме по:

$$(6) \quad I_{\text{дв max}} < \text{или} = I_{\text{пътн}} (1/V_{\text{пеш}} - 1/V_{\text{марш.}}) \text{ мин.}$$

където:

$I_{\text{пътн}}$ – разстоянието на което се придвижва пътника, прието за 2 км или равно на половината от средното превозно разстояние - 4 км;

$V_{\text{пеш}}$ – скорост на пешеходното придвижване 5 км/ч;

$V_{\text{марш}}$ – маршрутна скорост на движение 25 км/ч.

Необходимия брой релсови возила (мотриси) съставлява инвентарния парк превозни средства (ПС), които следва да има в транспортната фирма с оглед осигуряване на експлоатационния процес, при това с определена степен на надеждност. Инвентарния парк ПС в най общ вид се определя по:

$$(7) \quad N_{\text{пс инв.}} = N_{\text{пс дв}} + N_{\text{пс рез}} + N_{\text{пс рем}}, \text{ бр.}$$

където:

- $N_{\text{пс дв}}$ - е необходимия брой ПС за работа по линията в часовете “пик”;

- $N_{\text{пс рез}}$ - е броя на ПС в оперативен резерв необходим за гарантиране надеждността на превозния процес;

- $N_{\text{пс рем}}$ - е броя на превозните средства от инвентарния парк намиращи се в ремонт или техническо обслужване и не могат да работят на линията за деня.

Необходимия брой мотриси за осигуряване на превозите в часовете пик в конкретния случай е 28 бр.

Необходимия брой мотриси за осигуряване на надеждност на превозния процес се определя като процент от превозните средства работещи на линията в час „пик” за разчета се приема 10%.

Броя на мотрисите намиращи се в ремонт или технически неизправните за работа се определя чрез коефициента на техническа готовност на парка, които зависи от цялостното техническо състояние на подвижния състав, от възприетия начин и система на техническо обслужване и ремонт, от аварийно възникналите ремонти и др. фактори. Като правило този коефициент е резултативна величина и се определя по отчетни данни, които могат да се приемат при проектиране. Като правило, стойността му се движи в границите на 0.85 - 0.95. Отчитайки че проектираната трамвайна линия, ще работи с нови и технически надеждни мотриси, за целите на проекта можем да приемем по висока стойност, а именно 0.93.

При така определените изходни параметри мажем да определим необходимия брой релсови возила (мотриси) които следва да се закупят за въвеждането в редовна експлоатация на проектната трамвайна линия:

$$(8) \quad N_{\text{пс,инв.}} = (1.1 \times N_{\text{пс,дв.}}) / K_{\text{тг}} = 34 \text{ бр.}$$

4. ОПРЕДЕЛЯНЕ ЕФЕКТИВНОСТТА ОТ ИЗГРАЖДАНЕТО НА РЕЛСОВАТА СИСТЕМА

За определяне на ползите и разходите от изграждането на релсова система за превоз на пътниците използван „COST-BENEFIT” анализ.

Основната цел, е икономическа оценка на разходите и ползите от въвеждането в експлоатация на релсова система за превоз на пътници, чрез която да се подобри качеството на транспортното обслужване на пътниците по направление „изток-център-запад”, като се намали общото време за придвижване на пътниците и се подобри комфорта на превоза, както и подобряване на екологичната обстановка в града, чрез намаляване на емисиите на вредни вещества. Допълнителни цели и ползи са: намаляване или ограничаване на негативното въздействие на увеличаващия се уличен трафик и осигуряване на равен достъп до транспортни услуги на инвалиди и хора с увреждания.

Обсъждани варианти:

Вариант 1 – Запазване на съществуващата транспортна система, със подновяване на автобусния парк, с нов подвижен състав;

Вариант 2 – Замяна на съществуващите по направление на трасето автобусни линии, с

релсова система за превоз на пътници и реорганизация на оставащата в експлоатация автобусна маршрутна система.

При инфраструктурни проекти от определящо значение е времеви хоризонт (максималния брой години за които се прави анализа). Определянето му е съобразено с международно признати практики, които за такива проекти в областта на железопътния транспорт предвиждат времеви хоризонт от 30 години, тъй като амортизационния срок на железния път е приблизително 50 години.

За анализа е приет времеви хоризонт – 30 години.

Разглежданите варианти се характеризират със съответния размер на първоначалните инвестиции и определени експлоатационни разходи, които са групирани в следните основни групи:

- инвестиции за проектиране и управление на проекта;
- инвестиции за инфраструктура за релсовата система;
- инвестиции за енерго-захранващата система;
- инвестиции за трамваен подвижен състав;
- инвестиции за автобусен подвижен състав;
- общо експлоатационни (операционни) разходи за трамваен транспорт;
- общо експлоатационни (операционни) разходи за автобусен транспорт.

Освен първоначални, са необходими и допълнителни инвестиции за в рамките на времеви хоризонт, за основните средства които имат амортизационен живот по-малък от 30 годишния период.

За всички основни средства, които имат амортизационен живот по малък от времеви хоризонт, при подмяната им е отчетена остатъчната им стойност, а за тези с амортизационен срок по-голям от времеви хоризонт остатъчната им стойност е посочена към 30-тата година.

Ползи и ефекти от въвеждане в експлоатация на релсовата система.

Намаляване времето за придвижване на пътниците. При въвеждане в експлоатация на релсовата система за превоз на пътници ще се намали общото време за придвижване на около 60% от пътниците, основно чрез намаляване времето за чакане. Този ефект произтича от обстоятелството, че релсовата система предлага една и съща интензивност

на движение, респективно еднакъв интервал на движение, по цялото трасе, докато при автобусното обслужване, интензивността на движение в отделни участъци (виж схема 1 точка 4) е различна и с изключение на участъци 4-5, 5-6 и 6-7 е значително по ниска от тази при релсовата система.

Общото икономисано време за година възлиза на 511 875 часа/год. Това във стойностно изражение, при приемане, че един пътничко час е равен на половината от часовата работна ставка (1.125 евро/час) получаваме годишна икономия в размер на 550 000 евро/годишно.

Екология и безопасност. Подобряване на екологичната обстановка и безопасността на пътниците при въвеждане на новата релсова система, са също така едни от основните допълнителни ефекти (ползи), които следва да залегнат в анализа „разходи-ползи”. За остойностяване на ползите правим анализ на средните външни разходи (табл. 1) за различни

видове транспорт и разликата във вредите между двата варианта записваме като полза или ефект.

Обема пътническите превози и обема на транспортната работа по проектното трасе възлиза на 130 000 пътника на ден, при средно преводно разстояние от 3.8 км се получава 494 000 пътн.км./дневно или 153 000 000 пътн.км./годишно, които ако се извършват с автобусен транспорт се равняват на вреди в размер на 5 033 700 евро/годишно, срещу 2 300 000 евро/год. Ако превоза се извършва от релсов трамваен транспорт. Разликата във вредите, равняваща се на 2 740 000 евро/год. ще запишем като полза, ефект от внедряване на релсовата система за превоз на пътници.

Размера на първоначалните и допълнителни инвестиции, както и операционните разходи и остойностените ползи и ефекти, дисконтирани за жизнения цикъл на проекта, са представени в табл. 2.

Таблица 1

Оценка на средните външни разходи за транспорт(ЕС 17) евро/1000пътн.км.– INFRAS-IWW				
	Лек автомобил	Автобус	Ж. П.	Въздушен
Катастрофи	36.0	3.1	0.9	0.6
Шум	5.7	1.3	3.9	3.6
Замърсяване на въздуха	17.3	19.6	4.9	1.6
Промяна на климата	15.9	8.9	5.3	35.2

Таблица 2

year	Capital costs tramway				Capital costs Bus	Operating costs		Benefits		Discount Factor
	Track infrastructure	Electricity infrastructure	Projekt costs	Rolling stocks		Tramway	Bus	Travel time	Environmental	
0	42,4	12,2	1,2	40,8	-12,1	0	0	0	0	1,0000
1						0,8410	-2,5524	0,5238	2,5714	0,9524
2						0,8009	-2,4308	0,4989	2,4490	0,9070
3						0,7628	-2,3151	0,4751	2,3324	0,8638
4						0,7264	-2,2048	0,4525	2,2213	0,8227
5						0,6919	-2,0999	0,4309	2,1155	0,7835
6						0,6589	-1,9999	0,4104	2,0148	0,7462
7					-8,5992	0,6275	-1,9046	0,3909	1,9188	0,7107
8						0,5976	-1,8139	0,3723	1,8275	0,6768
9						0,5692	-1,7276	0,3545	1,7404	0,6446
10						0,5421	-1,6453	0,3377	1,6576	0,6139
11						0,5163	-1,5669	0,3216	1,5786	0,5847
12						0,4917	-1,4923	0,3063	1,5035	0,5568
13						0,4683	-1,4213	0,2917	1,4319	0,5303
14					-6,1113	0,4460	-1,3536	0,2778	1,3637	0,5051
15						0,4247	-1,2891	0,2646	1,2987	0,4810
16						0,4045	-1,2277	0,2520	1,2369	0,4581
17						0,3852	-1,1693	0,2400	1,1780	0,4363
18						0,3669	-1,1136	0,2285	1,1219	0,4155
19						0,3494	-1,0606	0,2177	1,0685	0,3957
20				15,377		0,3328	-1,0101	0,2073	1,0176	0,3769
21					-4,3432	0,3169	-0,9620	0,1974	0,9691	0,3589
22						0,3019	-0,9162	0,1880	0,9230	0,3418
23						0,2875	-0,8725	0,1791	0,8790	0,3256

24						0,2738	-0,8310	0,1705	0,8372	0,3101
25						0,2608	-0,7914	0,1624	0,7973	0,2953
26						0,2483	-0,7537	0,1547	0,7593	0,2812
27						0,2365	-0,7178	0,1473	0,7232	0,2678
28					-3,0866	0,2252	-0,6837	0,1403	0,6888	0,2551
29						0,2145	-0,6511	0,1336	0,6560	0,2429
30	-6,524			-2,498	1,2031	0,2043	-0,6201	0,1273	0,6247	0,2314
	35,875	11,9223	1,2000	53,678	-33,037	13,573	-41,1982	8,4548	41,5056	16,3725
							42,01418376		49,9605	

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технико-икономическото проучване и анализ на възможността за изграждане на релсова система за превоз на пътници в гр. Скопие – Р. Македония, се основава на сравняване на „съществуващото положение” и алтернативния начин за удовлетворяване на част от потребностите от превози, чрез реализация на проекта.

Чисто финансовия (монетарен) анализ на проекта е с отрицателна норма на възвръщаемост на инвестициите, което се вижда от данните в табл.2 и на пръв поглед, проекта следва да се отхвърли.

Икономическия анализ, при който към елементите на финансовия анализ се добавят и остойностените ползи и ефекти,

изразяващи се в намаляване на времето за пътуване на пътниците и опазването на околната среда, сочи че проекта е с положителна стойност на коефициента „ползи/разходи”, което показва че проекта е икономически изгоден и следва да се приеме.

Технико-икономическото проучване и анализ на възможността за изграждане на релсова система за превоз на пътници в гр. Скопие е представен пред Световната Банка, като същия е одобрен и ще бъде финансиран от европейските фондове.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] КАЧАУНОВ Т., СТАМЕНОВ В. „Градски пътнически транспорт”-ВТУ”Т. Каблешков” – 1994год.

EFFECT ASSESSMENT OF CONSTRUCTION OF A RAIL SYSTEM TO TRANSPORT PASSENGERS IN THE TOWN OF SKOPJE, REPUBLIC OF MACEDONIA

T. KACHAUNOV, V. STAMENOV

Higher School of Transport (VTU), Sofia, 158 Geo Milev Street
BULGARIA

Abstract: The study carried out in connection with the perspective of constructing an urban rail system to carry passengers in the town of Skopje has resulted in: determination of the dimensions and irregularity of the distribution of passenger flows along the railroad and in time; development of a variant to rationalize the route system with setting in operation a tram line; determination of the reasonable capacity of a rail motorcar and the necessary fleet of vehicles; determination of the effect (benefits and costs) of the rail system construction.

Key words: Passenger flows, route system, rail motorcar capacity.