

ДУРХАН САЛИЕВ

**ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ОПТИМИЗАЦИЯ НА ПЪТНОТО
ДВИЖЕНИЕ В ГРАДСКИ УСЛОВИЯ**

**Технически Университет - София
2021 г.**

Настоящата монография е синтезиран резултат от изследвания на съвременни методи и средства за изучаване и оптимизиране на пътнотранспортното движение.

Ообобщава както цитираните в литературата авторски публикации, така и редица изследвания на автора в тази област. Заедно с това книгата се явява и ръководство по дисциплините:

- Организация и безопасност на движението по пътищата за студентите от факултет Транспортен 3-ти и 4-ти курс ;

- Моделиране и анализ на трафика и превозите за магистрите от Факултет по транспорта.

Може да служи като помагало в работата на специалистите в областта на организацията на движението по пътищата и пътната безопасност, а също и като ръководство и водещо учебно пособие при подготовката на инженери - магистри и докторанти в други научни отрасли.

Разгледани са съвременни подходи за изследване, анализ и оптимизиране на пътнотранспортното движение.

Авторът изказва благодарност на колектива от катедра ДАТТ.

СЪДЪРЖАНИЕ

Въведение.....	5
I. Изследване и анализ на пътнотранспортното движение в градски условия.....	9
I.1 Изследване и анализ на скоростите и задръжките на транспортните потоци в градски условия	9
I.1.1 Измерване на скоростите на движение на транспортните потоци	9
I.1.2 Измерване на задръжките на транспортните потоци в градски условия	32
I.2 Изследване и анализ на транспортното натоварване и интензивността на транспортните потоци в градски условия.....	41
I.3 Изследване и анализ на пропускателната способност на улиците и възлите	88
II. Разработване на алгоритми и методики за оразмеряване на светофарни уредби при различни транспортни условия.....	112
II.1 Разработване на алгоритми за оразмеряване на светофарни уредби за транспортни и пешеходни потоци при различни транспортни условия	113
II.1.1 Алгоритъм за оптимизиране времената на фазите при промяна на продължителността на цикъла на светофарна уредба на кръстовище.....	113
II.1.2 Алгоритъм за изчисляване на времето за цикъл на светофарна уредба на кръстовище.....	116
II.1.3 Алгоритъм за определяне вида на преминаване на пешеходци през платното за движение при определени транспортни условия.....	126
II.2 Приложение на разработени алгоритми и методики за оразмеряване на светофарни уредби за транспортни и пешеходни потоци при различни транспортни условия.....	132

П.2.1	Приложение на алгоритъма за оптимизиране времената на фазите при промяна на продължителността на цикъла на светофарна уредба на кръстовище	132
П.2.2	Приложение на алгоритъма за изчисляване на времето за цикъл на светофарна уредба на кръстовище	150
П.2.3	Приложение на алгоритъма за определяне вида на преминаване на пешеходци през платното за движение при определени транспортни условия	159
Заключение.....		165
Използвана литература.....		168

ВЪВЕДЕНИЕ

Организацията и регулирането на автомобилното движение по пътищата зависи от голям брой фактори. С бързото увеличаване на автотранспортните средства и нарастването на интензивността на движението се поставят нови изисквания към пътната мрежа, организацията и безопасността на движението, опазване на живота и здравето на участниците в автомобилното движение, включващи и пешеходците, велосипедистите, хората с увреждания и други.

Увеличаването на населението и автомобилизацията поражда множество проблеми в големите градове. Един от тях е намаляване на скоростите за движение на транспортните потоци, в отделни случаи до скоростта на пешеходеца, поради изоставане в развитието на пътната инфраструктура и изчерпване пропускателната способност на кръстовищата.

Доброто познаване на характера на движение на транспортните потоци и техните параметри през цялото денонощието позволява да се предложат подобри и гъвкави решения за режима на движението и неговото регулиране в критичните и натоварените пътни участъци.

Мероприятията свързани с планирането, организацията и управлението на градското движение не могат да се проведат без достоверното му проучване за определяне на основните параметри на транспортните, пешеходните и велосипедните потоци в условията на съществуващите улици и кръстовища. В нашата страна липсват системни статистически изследвания за скорости на движение в градовете, времена за транспортни задръжки, големина и характер на транспортните потоци, кореспонденции в пътни възли и други.

Един от основните способи за регулирането на движението през кръстовища е чрез светлинни сигнали, с което се намаляват конфликтните точки при пресичането на траекториите на транспортните, пешеходните и велосипедните потоци и се осигурява тяхното безопасното преминаване [18]. Основно при вграждането на светофарна уредба е определянето на продължителността на цикъла, която трябва да осигури минимално време за чакане на всички потоци на кръстовището [98].

За организация и управление на движението чрез светофарни уредби се разработват и използват редица математични модели, които са насочени предимно към оптимизиране на движение на транспортните потоци в зоните на кръстовищата. Организацията и управлението на пътнотранспортното движение се основава на изследвания на неговите показатели със съответните количествени стойности и зависимости между тях. Вида на изследванията и методите за тяхното провеждане се определя от целите поставени за конкретните условия на движение и необходимите мероприятия за тяхното постигане [6].

В основата на целесъобразното оразмеряване на светлинно-сигналните съоръжения е определяне на броя на фазите, продължителността на светофарния цикъл и продължителността на всяка фаза. Тук съществуват редица ограничения и условности, както от методичен характер, а така също и от действащата нормативна уредба. В редица случаи се дава приоритет на определени участници в движението за сметка на други, при което общите загуби от чакане за преминаване са много големи. Не се предлагат гъвкави решения за адаптиране продължителността на светофарния цикъл и разпределението на фазите в зависимост от изменение на транспортните и пешеходни потоци, което не съответстват на развитието на техниката за информация, обработка и управление. Изключение в това отношение е въведената на около 160 кръстовища в град София автоматизирана система за регулиране на движението. Има основание да се приеме, че алгоритмите за работа на посочената система в основната си част са дело на автора, разработени в [13].

Основно в съвременната теория и налагана практика у нас е липсата на равнопоставеност на всички участници в движението, както по отделни транспортни потоци и състав, а така също и пешеходните потоци, което да гарантира минимална загуба на време и средства за всички участници в движението.

Гъвкавото управление на движението в градовете е предвидено като възможност в нормативната уредба на Република България [12], но то е необходимо да се наложи предвид повишените изисквания свързани с

непрекъснатата промяна на параметрите, които определят характера и поведението на участниците в движението.

Съществено място в управлението на пътнотранспортното движение в условията на съвременните научни постижения свързани с развитието на комуникационните възможности, които подобряват общуването в техническо отношение заемат интелигентните транспортни системи. Те са съвкупност от технически възможности, част от които са обект на представяне от авторите в [55, 75], изкуствен интелект и човешки фактор, който екип от изследователи в [78] с право определят като съществен, което насочва към тяхната целокупност, която се отнася до същественото подобряване на придвижването в градски и извънградски условия.

Интелигентните транспортни системи осигуряват редица предимства, които се оценяват високо от ползващите най-често пътната инфраструктура [38]. Тяхната роля изисква усъвършенстване на редица съществуващи системи, от които системите за позициониране, подробности, за които са представени от Хасан и колектив в [51] и системите за контрол, описани отчасти от Барсуку и колектив в [29] са с приоритет.

Възможностите, които предлагат интелигентните транспортни системи определят начина на придвижване, условията за производство на автомобили, необходима техническа съоръженост и редица други условия, които трябва да бъдат изпълнени за тяхното използване, което да доведе до очакваните ползи. Всичко това е необходимо да се подчинява на строги правила при тяхното изграждане и внедряване, за което са създадени редица стандарти, на които трябва да отговаря всеки един елемент от тези системи. Някои от тях са представени от авторите в [101, 44].

В последните години внедряването на интелигентните транспортни системи е приоритет в страните по света, което се доказва и от свързани с това публикации – [33, 85]. Ползата от тях провокира внедряването им и в останалите видове транспорт различен от автомобилния, за което се изисква и специфичната допълнителна съоръженост [100].

Използването на интелигентните транспортни системи е в основата на добиващите популярност „умни градове“, при което една от целите е постигането на ползи от различен характер свързани с оптималното придвижване на хора и превозни средства [92, 22] и намаляване на пътнотранспортните произшествия [95].

Изложеното определя и основните цели, които се поставят пред настоящия монографичен труд, а именно: да се представят съвременни подходи при избор на подходящи мероприятия за оптимизиране на автомобилното движение в градски условия. За осъществяването на тези цели насоките на трудът са следните:

I. Изследване и анализ на пътнотранспортното движение в градски условия

В тази насока ще бъдат представени редица изследвания, които са направени самостоятелно или в колектив от автора и които като принцип е необходимо да бъдат осъществявани за постигане на необходимото ниво за протичането на движението в зависимост от поставените цели за оптимизация.

II. Разработване на алгоритми и методики за оразмеряване на светофарни уредби при различни транспортни условия.

В тази насока ще бъдат представени алгоритми и методики за оптимизиране на провеждането на пътнотранспортното движение през светлинно регулирани участъци от пътната мрежа в градовете, които са дело на автора на монографичния труд. Възможните приложения на представените алгоритми, осъществени в конкретни разработки за възлови места в гр. София са подробно разяснени в продължение на доказателствата за приложния характер на настоящия монографичен труд.

I. Изследване и анализ на пътнотранспортното движение в градски условия

В тази насока ще бъдат представени редица изследвания, които са направени и които като принцип е необходимо да бъдат осъществявани за постигане на необходимото ниво за протичането на движението в зависимост от поставените цели за оптимизация.

Изследванията включват:

1. Изследване и анализ на скоростите и задръжките на транспортните потоци в градски условия.
2. Изследване и анализ на транспортното натоварване и интензивността на транспортните потоци в градски условия.
3. Изследване и анализ на пропускателната способност на улиците и възлите.

I.1 Изследване и анализ на скоростите и задръжките на транспортните потоци в градски условия

I.1.1 Измерване на скоростите на движение на транспортните потоци

Скоростите на превозните средства се определят чрез последователно определяне на времето t , за което те пропътуват определена дистанция l , т. е. използва се класическата зависимост

$$V = \frac{S}{t} \quad (\text{I.1.1})$$

В този случай точността зависи от точността, с която се определят времето и моментът на преминаване на автомобила през предварително избраните точки (профили), а също и от точността, с която се определя разстоянието между тях.

Методите за определяне на времето (момента), в което автомобилът преминава през дадена точка, се разделят на две основни групи в зависимост от разстоянието между началото и края на базата (S): методи, при които се използва дълга база и методи, при които се използва къса база [20].

- Методи, при които се използва къса база

Метод за определяне (засичане) на времето в момента на преминаване на автомобила през началото и края на базата чрез използване на секундомери. Дължината на базата е около 150 метра. Този метод е много лек за прилагане, но недостатъкът му е, че с него могат да се извършат около 15 измервания на час, т. е. той е неприложим за интензивност на движението по-голяма от 150 превозни средства на час, освен ако според поставената цел е достатъчно да изследваме скоростите на част от преминаващите автомобили. Не особено добре обучен наблюдател може да отчита времето с точност $1/5$ от секундата. Това дава грешка в определяне на скоростта 2 км/ч при скорост 60 км/ч и база 150 метра.

Разновидност на този метод е в началото и края на базата да се инсталират транспортни детектори (напр. пневматични или индуктивни). Детекторите задействат секундомер с устройство за спиране и така се избягват грешките, които могат да се допуснат при ръчно измерване.

Метод със записване на регистрационните номера за определяне на скоростта и времетраенето на пътуването. Този метод е удобен за измерване на дистанции по-големи от 800 метра. Двама наблюдатели, снабдени с предварително сверени часовници, застават в двата края на избраната дистанция и записват регистрационните номера на превозните средства и времето на преминаването им. Съпоставянето на записаните данни от двамата наблюдатели дава възможност да се определени времетраенето на пътуването на отделните превозни средства.

Този метод може да се прилага за много големи разстояния при условие, че няма масово спиране, отливане и вливане на транспортни потоци. При голяма интензивност на движението наблюдателите могат да записват времето и номерата на определени превозни средства (напр. окончаващите на 2, 4, 6 и 8 регистрационни номера).

Наблюдателите записват вида на превозното средство и регистрационният му номер преди то да е пристигнало в наблюдавания профил. Така те засичат времето на преминаването с по-голяма точност. За улеснение на работата записват само цифрите на регистрационните номера без буквените означения. Зарегистрира се всяко преминало превозно средство независимо от това дали за

него липсва част или цялата необходима информация (вид, номер, време на преминаване). Това улеснява обработката на данните, дава възможност да се определи интензивността и представителността на броя на изобразените автомобили, за които разполагаме с пълни данни.

Наблюдението се ограничава само върху една посока. Изключение се прави при малка интензивност на движението. Регистрацията на всички превозни средства е възможна при интензивност до 300 Е/ч. При по-голяма интензивност се регистрират избран брой превозни средства, т. е. прилага се репрезентативен метод, познат от математическата статистика.

Съвременните технически средства предполагат усъвършенстване на този метод. Използват се камери с възможност за записване на регистрационните номера. Необходимо условие е часовниците на устройствата да са синхронизирани един с друг. Последващата обработка може да се извърши по начина с прилагането на метода с наблюдатели или с използване/разработван на софтуер за обработка на информацията в зависимост от вида на предоставения от записващите камери вид на файла със записаната информация за регистрационни номера и времето за преминаване през означения профил на пътя.

➤ Методи, при които се използва къса база

Методът на късата база се прилага, когато е необходимо да се определи само скоростта на превозните средства или т. нар. моментна скорост, но не и времетраенето на пътуването.

Съвременната електроника дава възможност с употреба на детектори с висока чувствителност и сигурност и на компютри да се постигне бързо, точно и директно определяне на моментната скорост на отделните превозни средства при дължина на базата от около 2-3 метра.

В практиката за определяне на моментната скорост се използват скоростомери с къса база (около 2 метра) и радарни измерители на скоростта. Едни от възможностите са използване на лазерни скоростомери, които премахват недостатъците на радарните измерители на скоростта, които се затрудняват при голяма интензивност на движението.

Оценката на средните скорости на движение на автомобилите в градовете е необходима база за насочване и разпределение на инвестициите в направления, зони и райони, където скоростта на автомобилните потоци достига критични стойности и е предпоставка за блокиране на движението. Това е наложило изследванията свързани със скоростта на транспортните потоци да са задължителни за провеждане при оценка на такива мероприятия. Принципите на провеждане не се различават съществено, както са представени в [97], но е необходима оценка и на поведението на водачите при различни скорости на движение за предвиждане на адекватни мерки и решения, което се предлага от различни автори като Аронсон в [25].

За град София е проведено изследване на скоростите на автомобилното движение, за което използвани данни от движението на 85 леки и лекотоварни автомобили снабдени с GPS система за проследяване и програма за обработка на данните за автомобили, дати, време на тръгване, адрес на тръгване, време на спиране, адрес на спиране, изминати километри и други. За представителност на извадката е обработена информацията от 25250 курса за работни и почивни дни на месеците юни 2008 година и февруари и юни 2009 година.

За определянето на направления на движение на автомобилите, град София е разделен на три условни зони, както следва: “Център”, “Квартали” и “Околовръстно”. Зона “Център” се обособява от улиците – бул. Евлоги Георгиев, бул. Сливница и бул. „Акад. Иван Гешов“. Зона “Квартали” е от външната част на зона “Център” и вътрешната страна на Околовръстния път на града, а зона “Околовръстно” от външната страна на Околовръстния път. При токова зонироване на територията на града се получават девет различни направления на движение, които да обхващат възможните кореспонденции на движение на автомобилите.

За целите на изследването денонощието е разделено на шест часови интервала, като се взема предвид изменението на средната скорост на движение в тях. Групирането по дати е извършено за работни и почивни дни на седмицата. Определянето на средната скорост за курс е направено въз основа времето за движение в часове и изминатото разстояние.

Получените резултати са групирани както следва:

- Изменение на средните скорости на движение на автомобилите за различните зони през часовите периоди на денонощието за работните дни;
- Изменение средните скорости на движение на автомобилите за различните зони за работни и почивни дни;
- Изменение на средната скорост на движение за разглежданите месеци за работни и почивни дни;
- Изменение на средната скорост на движение за разглежданите месеци.

Изменение на средните скорости на движение на автомобилите в различните зони през часовите периоди на денонощието за работните дни

Изменението на средните скорости на автомобилното движение в направление Център - Център за трите разглеждани месеци са представени в таблици I.1.1., I.1.2, I.1.3 и на фигура I.1.1. Часовите интервала са с различна продължителност, което е направено с цел да се разграничат интервалите, в които се смята, че средните скорости се изменят.

Изследването показва, че месец Юни на 2009 година се отличава с високи стойности на скоростта на движение на автомобилите. Максимална скорост се отчита в часовия интервал 00:00-07:30 часа със стойност от 14.9 км/ч. Скоростите в този интервал са най-високи и за трите месеци. В часовия интервал 19:00-24:00 часа също се постигат високи средни скорости, като най-високата стойността от 12.9 км/ч е отново за месец Юни 2009 година.

Периодите с намалени скорости са 07:30-09:30 часа и 17:30-19:30 часа, като съотношенията на скоростите между отделните месеци се запазва при първия, а при втория преходите са много плавни и близки по стойности. В тези интервали се отчитат най-ниските средни скорости, като показателна е стойността от 9.1 км/ч за месец Юни 2008 година.

Данните сочат, че максималната средна скорост през месец Юни 2008 е 42.5 км/ч, за Февруари на 2009 година е 46.1 км/ч, а за Юни на 2009 година е 38.7 км/ч, отчетени през периода 12:00-17:30 часа.

Таблица I.1.1 Изменение на средната скорост на движение в направление Център - Център за м. Юни 2008 година

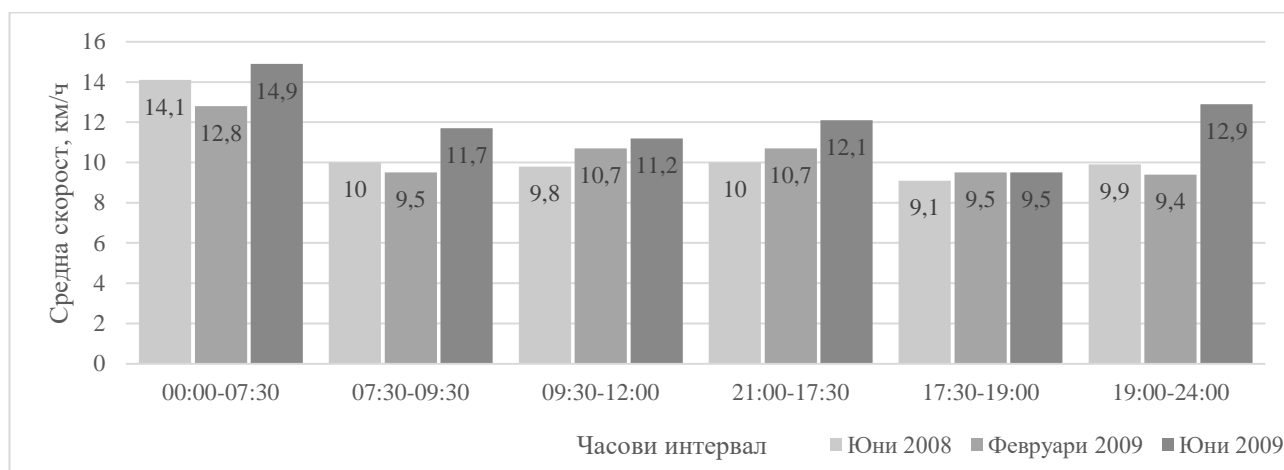
Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	14.1	30.4	5.4
07:30-09:30	10.0	21.3	3.4
09:30-12:00	9.8	24.5	2.8
21:00-17:30	10.0	42.5	3.9
17:30-19:00	9.1	16.3	4.4
19:00-24:00	9.9	29.8	4.3
Средна стойност	10.5	27.5	4.0

Таблица I.1.2 Изменение на средната скорост на движение в направление Център - Център за м. Февруари 2009 година

Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	12.8	19.6	4.8
07:30-09:30	9.5	19.8	2.7
09:30-12:00	10.7	27.2	4.0
21:00-17:30	10.7	46.1	5.5
17:30-19:00	9.5	16.9	3.2
19:00-24:00	9.4	24.3	4.0
Средна стойност	10.4	25.7	4.0

Таблица I.1.3 Изменение на средната скорост на движение в направление Център - Център за м. Юни 2009 година

Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	14.9	17.9	9.9
07:30-09:30	11.7	28.3	6.2
09:30-12:00	11.2	25.6	4.5
21:00-17:30	12.1	38.7	4.5
17:30-19:00	9.5	16.9	5.5
19:00-24:00	12.9	22.4	5.1
Средна стойност	12.0	25.0	5.9



Фиг. I.1.1 Изменение на средната скорост на движение в направление Център - Център за работните дни по месеци и часови интервали

Изменението на средните скорости на автомобилното движение в направление Център - Квартали са представени в таблици I.1.4., I.1.5, I.1.6 и на фигура I.1.2. От трите разглежданите месеци, този с отличаващи се по-високи скорости отново е месец Юни на 2009 година. Максималната стойност на скоростта е в часовия интервал 00:00-07:30 часа със стойност от 24.3 км/ч, следван от месец Юни 2008 година със стойност от 21.7 км/ч. Скоростите в този интервал от време са най-високи за денонощието и за трите месеци.

В часовия интервал 19:00-24:00 часа са постигнати също високи средни скорости, като максималната стойност от 20.6 км/ч е отново през месец Юни 2009 година. В този интервал прави впечатление, че през месец Февруари е достигната близка до максималната скорост от 20.4 км/ч.

Интервала ограничен от часовете 07:30 и 09:30 е характерен с ниските си скорости в сравнение с предходния период, както се вижда на фигура I.1.2. Стойностите на скоростта в този часови интервал и за трите месеца са близки, като най-ниска се запазва тя през месец Февруари на 2009 година (14.1 км/ч).

Интервала, характеризиращ се също с по-ниски скорости е 17:30-19:00 часа. В него отново най-висока е скоростта през летния месец на 2009 година (16.5 км/ч), а най-ниска през зимния на същата година (13.8 км/ч).

Прави впечатление, че най-ниска е скоростта през месец Юни на 2008 година и в интервалите 09:30-12:00 часа и 12:00-17:30 часа, съответно 15.6 км/ч и 17.1 км/ч. Данните показват, че максималната скорост за направените курсове през месец Юни 2008 е 48.7 км/ч, за Февруари на 2009 година е 56.5 км/ч и за Юни на 2009 година е 64.5 км/ч. Скоростите са достигнати през интервала 09:30-12:00 часа за 2008 година и 12:00-17:30 часа за 2009 година.

Таблица I.1.4 Изменение на средната скорост на движение в направление Център - Квартали за м. Юни 2008 година

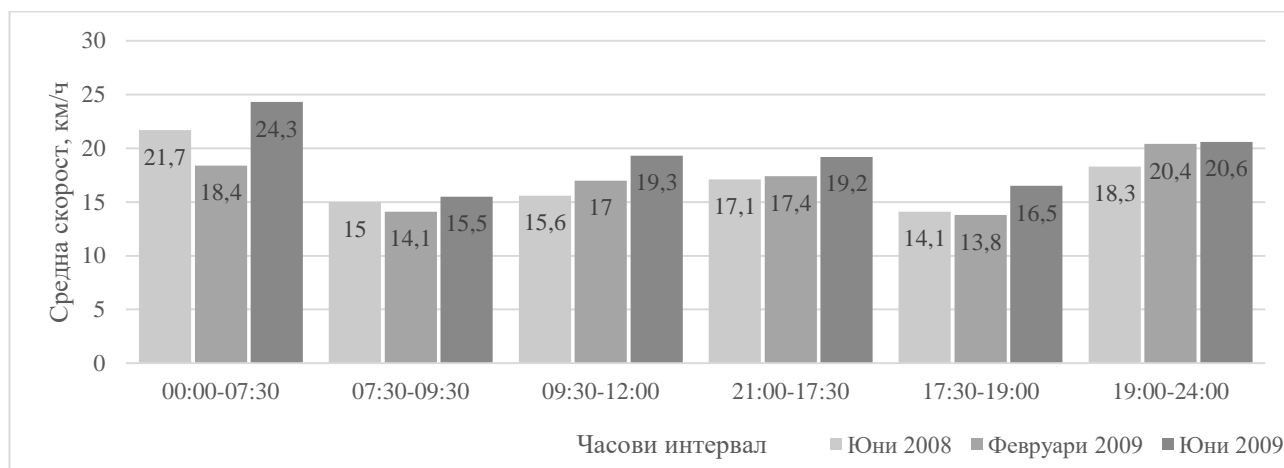
Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	21.7	36.9	5.9
07:30-09:30	15.0	25.8	7.0
09:30-12:00	15.6	48.7	3.5
21:00-17:30	17.1	46.2	5.4
17:30-19:00	14.1	29.1	5.7
19:00-24:00	18.3	38.9	8.3
Средна стойност	17.0	37.6	6.0

Таблица I.1.5 Изменение на средната скорост на движение в направление Център - Квартали за м. Февруари 2009 година

Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	18.4	49.9	5.9
07:30-09:30	14.1	24.0	8.3
09:30-12:00	17.0	42.5	4.6
21:00-17:30	17.4	56.5	5.8
17:30-19:00	13.8	29.9	4.8
19:00-24:00	20.4	36.0	8.3
Средна стойност	16.9	39.8	6.3

Таблица I.1.6 Изменение на средната скорост на движение в направление Център - Квартали за м. Юни 2009 година

Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	24.3	49.9	4.9
07:30-09:30	15.5	37.8	5.5
09:30-12:00	19.3	54.5	6.4
21:00-17:30	19.2	64.5	4.7
17:30-19:00	16.5	44.0	6.8
19:00-24:00	20.6	57.6	5.7
Средна стойност	19.2	51.4	5.7



Фиг. I.1.2 Изменение на средната скорост на движение в направление Център - Квартали за работните дни по месеци и часови интервали

Изменението на средните скорости на автомобилното движение в направление Център - Околовръстно са представени в таблици I.1.7., I.1.8, I.1.9 и на фигура I.1.3. От трите разглеждани месеци Юни на 2009 година отново е този, който се отличава с най-високи скорости на движение на автомобилите. Достигнатата максимална скорост в направление Център - Околовръстно е в часовия интервал 19:00-24:00 часа със стойност от 33.1 км/ч.

Часовия период със скорости, доближаващи се до максималните за денонощието е 00:00-07:30 часа. Минималната скорост в този интервал е 26.2

км/ч, през месец Февруари на 2009 година, а максималната от 30.6 км/ч е през Юни месец същата година.

Таблица I.1.7 Изменение на средната скорост на движение в направление Център - Околовръстно за м. Юни 2008 година

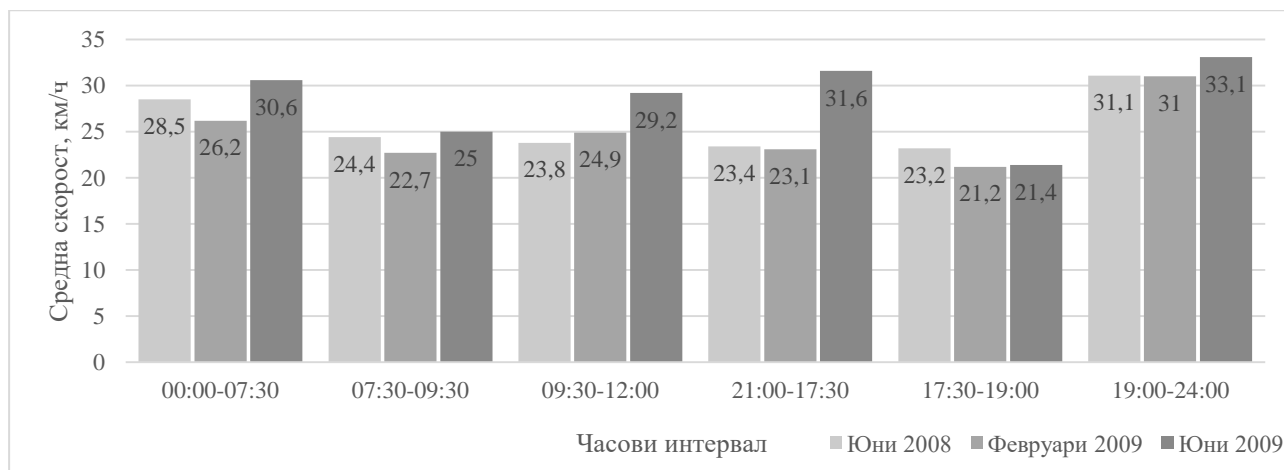
Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	28.5	46.4	11.0
07:30-09:30	24.4	32.3	19.4
09:30-12:00	23.8	33.0	18.3
21:00-17:30	23.4	33.9	15.5
17:30-19:00	23.2	27.8	18.9
19:00-24:00	31.1	34.7	28.3
Средна стойност	25.7	34.7	18.6

Таблица I.1.8 Изменение на средната скорост на движение в направление Център - Околовръстно за м. Февруари 2009 година

Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	26.2	36.0	9.3
07:30-09:30	22.7	34.9	16.3
09:30-12:00	24.9	31.4	21.4
21:00-17:30	23.1	37.1	5.5
17:30-19:00	21.2	26.8	12.3
19:00-24:00	31.0	40.5	30.1
Средна стойност	24.9	34.5	15.8

Таблица I.1.9 Изменение на средната скорост на движение в направление Център - Околовръстно за м. Юни 2009 година

Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	30.6	50.6	21.4
07:30-09:30	25.0	50.4	10.0
09:30-12:00	29.2	54.5	22.9
21:00-17:30	31.6	58.6	16.5
17:30-19:00	21.4	23.2	19.7
19:00-24:00	33.1	38.0	22.2
Средна стойност	28.5	45.9	18.8



Фиг. I.1.3 Изменение на средната скорост на движение в направление Център - Околовръстно за работните дни по месеци и часови интервали

В интервалите 07:30-09:30 часа и 17:30-19:00 часа се наблюдава очакван спад на средните скорости, като във вечерния интервал е изразен по-силно. За периода 07:30-09:30 часа максимална е скоростта през Юни 2009 година от 25.0 км/ч, а за следващия тя е през месец Юни на 2008 година със стойност от 23.2 км/ч. Минималните скорости и за двата периода са съответно 22.7 км/ч и 21.1 км/ч достигнати през месец Февруари.

Близки по стойности на скоростта са интервалите 09:30-12:00 часа и 12:00-17:30 часа, като тенденциозно през месец Юни 2009 са най-високи в тези интервали и имат стойности от съответно 29.2 км/ч и 31.6 км/ч.

Изследването показва, че максималната скорост за направените курсове през месец Юни 2008 година е 28.5 км/ч, за Февруари е 31.1 км/ч и за Юни на 2009 година е 33.1 км/ч. Скоростите са достигнати през интервала 19:00-24:00 часа за трите изследвани месеци.

Изменението на средните скорости на автомобилното движение в направление Квартали - Център са представени в таблици I.1.10., I.1.11, I.1.12 и на фигура I.1.4. Забелязва се, че в интервала 00:00-07:30 часа е достигната максималната средна скорост за разглежданото направление от 25.3 км/ч през Юни 2009 година, докато през Февруари на същата година скоростта е най-малка и е 18.4 км/ч.

Ниските средни скорости са характерни за интервалите 07:30-09:30 часа и 17:30-19:00 часа. През първия те са 11.5 км/ч за Юни 2008 година, 14.6 км/ч за Февруари и 17.0 км/ч за Юни 2009 година. Може да се отбележи, че нарастването на скоростите е стъпаловидно в посока Юни 2009 за интервала 07:30-09:30 часа, а между 17:30-19:00 часа няма същата закономерност.

Интервалите с близки до средните скорости са 09:30-12:00 часа и 12:00-17:30 часа. Минималната скорост за първия е 15.9 км/ч, а за следващия е 16.0 км/ч.

Изследването показва, че максималната скорост за направените курсове през месец Юни 2008 е 55.8 км/ч, за Февруари е 51.4 км/ч и за Юни на 2009 година е 80.2 км/ч.

Таблица I.1.10 Изменение на средната скорост на движение в направление Квартали - Център за м. Юни 2008 година

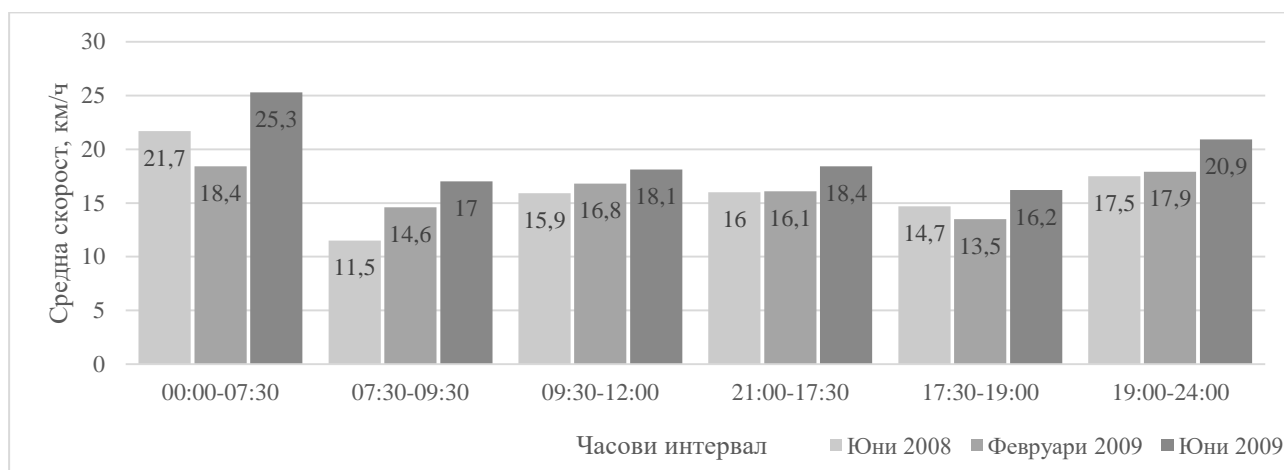
Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	21.7	42.7	11.0
07:30-09:30	11.5	11.5	11.5
09:30-12:00	15.9	42.4	4.8
21:00-17:30	16.0	55.8	4.3
17:30-19:00	14.7	26.8	5.3
19:00-24:00	17.5	41.4	4.7
Средна стойност	16.2	36.8	6.9

Таблица I.1.11 Изменение на средната скорост на движение в направление Квартали - Център за м. Февруари 2009 година

Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	18.4	30.3	5.1
07:30-09:30	14.6	31.2	6.4
09:30-12:00	16.8	42.1	4.3
21:00-17:30	16.1	51.4	4.1
17:30-19:00	13.5	27.1	4.1
19:00-24:00	17.9	35.3	4.5
Средна стойност	16.2	36.2	4.8

Таблица I.1.12 Изменение на средната скорост на движение в направление Квартали - Център за м. Юни 2009 година

Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	25.3	80.2	22.7
07:30-09:30	17.0	32.9	23.6
09:30-12:00	18.1	47.8	21.1
21:00-17:30	18.4	71.0	17.6
17:30-19:00	16.2	56.5	19.9
19:00-24:00	20.9	53.7	16.2
Средна стойност	19.3	57.0	20.2



Фиг. I.1.4 Изменение на средната скорост на движение в направление Квартали - Център за работните дни по месеци и часови интервали

Изменението на средните скорости на автомобилното движение в направление Квартали - Квартали са представени в таблици I.1.13., I.1.14, I.1.15 и на фигура I.1.5. Анализът показва, че максималната средна скорост в това направление е 22.9 км/ч достигната за интервала 00:00-07:30 часа през месец Юни 2009 година. В този интервал са достигнати най-високите скорости и за другите месеци, като за месец Февруари стойността е 21.4 км/ч, а за месец Юни на 2008 година е 22.2 км/ч.

В интервала 17:30 - 19:00 часа са отчетени най-ниските скорости и за трите месеца. Стойностите са от 15.7 км/ч за Юни 2008 година, следвани от 15.8 км/ч за Февруари и достигайки до 19.3 км/ч през Юни 2009 година.

Таблица I.1.13 Изменение на средната скорост на движение в направление Квартали - Квартали за м. Юни 2008 година

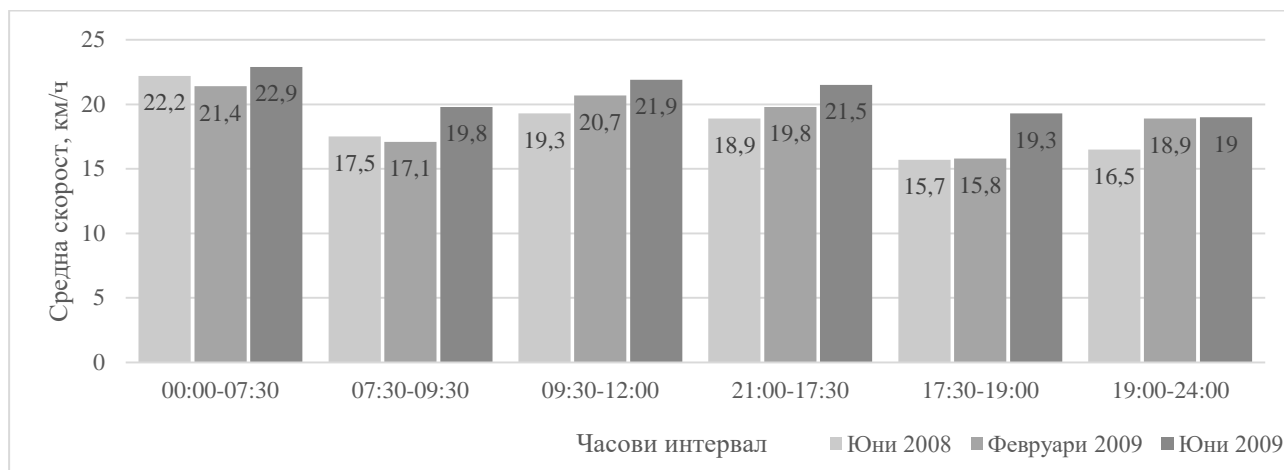
Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	22.2	48.0	4.3
07:30-09:30	17.5	122.9	3.8
09:30-12:00	19.3	73.3	3.0
21:00-17:30	18.9	78.2	4.1
17:30-19:00	15.7	52.0	4.2
19:00-24:00	16.5	43.3	3.4
Средна стойност	18.4	69.6	3.8

Таблица I.1.14 Изменение на средната скорост на движение в направление Квартали - Квартали за м. Февруари 2009 година

Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	21.4	55.2	4.0
07:30-09:30	17.1	101.5	1.3
09:30-12:00	20.7	66.4	4.1
21:00-17:30	19.8	112.4	3.5
17:30-19:00	15.8	58.2	4.3
19:00-24:00	18.9	43.6	4.0
Средна стойност	19.0	72.9	3.5

Таблица I.1.15 Изменение на средната скорост на движение в направление Квартали - Квартали за м. Юни 2009 година

Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	22.9	43.6	4.4
07:30-09:30	19.8	100.0	3.9
09:30-12:00	21.9	65.1	3.4
21:00-17:30	21.5	88.3	4.6
17:30-19:00	19.3	44.5	5.5
19:00-24:00	19.0	59.4	4.0
Средна стойност	20.7	66.8	4.3



Фиг. I.1.5 Изменение на средната скорост на движение в направление Квартали - Квартали за работните дни по месеци и часови интервали

Прави впечатление, че максималната скорост за направените курсове през изследваните месеци е равна или надхвърля 100 км/ч за отделни периоди, което показва възможностите, които предоставя инфраструктурата по определени маршрути и предразполага водачите към нарушаване на правилата за движение в градски условия. Това от своя страна е изключително опасно предвид повишената вероятност от настъпване на пътно-транспортни произшествия.

Изменението на средните скорости на автомобилното движение в направление Квартали - Околовръстно са представени в таблици I.1.16., I.1.17, I.1.18 и на фигура I.1.6. Прави впечатление, че се запазва тенденцията скоростите да са най-високи от останалите през месец Юни 2009 година. Максималната средна скорост в това направление е 36.5 км/ч достигната за интервала 19:00-24:00 часа през месец Юни 2009 година. В този диапазон са достигнати най-високите скорости и за другите месеци, като за Февруари тя е 33.6 км/ч и за месец Юни на 2008 е 30.9 км/ч.

В периода 07:30-09:30 часа скоростта е минимална за месеците Юни 2008 година и 2009 година със стойности съответно 23.2 км/ч и 28.5 км/ч. Най-ниската средна скорост за месец Февруари от 25.4 км/ч е в часовия интервал 17:30-19:00 часа.

В интервала 19:00-24:00 часа скоростите достигат своя връх, като за първия разглеждан месец тя е 30.9 км/ч, за втория 33.6 км/ч и за третия 36.5 км/ч.

Таблица I.1.16 Изменение на средната скорост на движение в направление Квартали - Околовръстно за м. Юни 2008 година

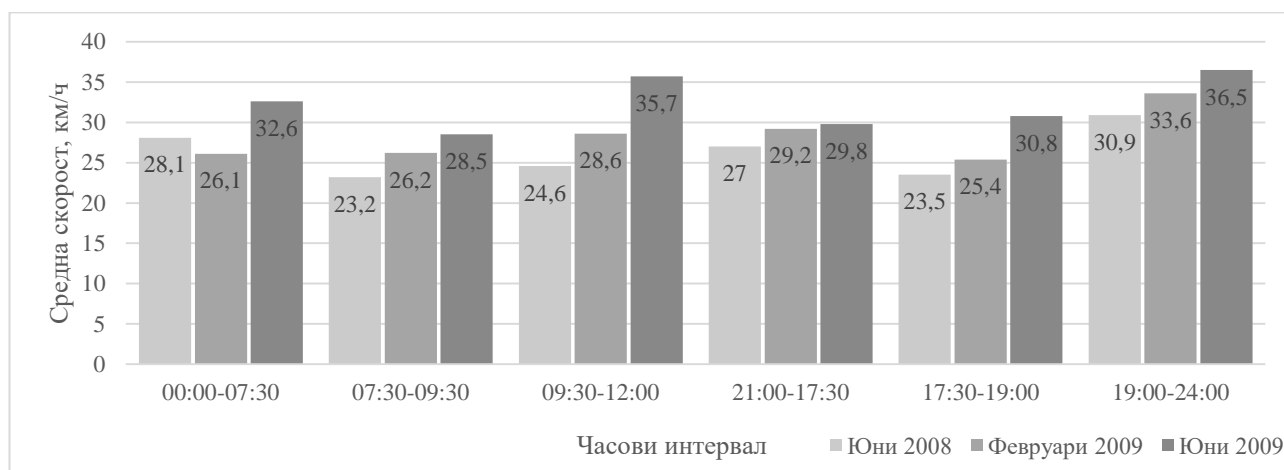
Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	28.1	43.7	11.7
07:30-09:30	23.2	38.7	8.1
09:30-12:00	24.6	43.6	5.1
21:00-17:30	27.0	49.5	9.2
17:30-19:00	23.5	31.0	11.7
19:00-24:00	30.9	44.4	4.7
Средна стойност	26.2	41.8	8.4

Таблица I.1.17 Изменение на средната скорост на движение в направление Квартали - Околовръстно за м. Февруари 2009 година

Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	26.1	35.2	20.9
07:30-09:30	26.2	67.3	14.3
09:30-12:00	28.6	82.2	12.7
21:00-17:30	29.2	56.2	7.8
17:30-19:00	25.4	57.1	16.6
19:00-24:00	33.6	45.7	16.0
Средна стойност	28.2	57.3	14.7

Таблица I.1.18 Изменение на средната скорост на движение в направление Квартали - Околовръстно за м. Юни 2009 година

Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	32.6	60.5	21.7
07:30-09:30	28.5	63.6	5.3
09:30-12:00	35.7	73.1	16.4
21:00-17:30	29.8	108.2	12.4
17:30-19:00	30.8	52.7	16.5
19:00-24:00	36.5	63.4	5.9
Средна стойност	32.3	70.3	13.0



Фиг. I.1.6 Изменение на средната скорост на движение в направление Квартали - Околовръстно за работните дни по месеци и часови интервали

Изменението на средните скорости на автомобилното движение в направление Околовръстно - Център са представени в таблици I.1.19, I.1.20, I.1.21 и на фигура I.1.7.

Изследването показва, че средните скорости на движение през в периода 00:00-07:30 и 07:30-09:30 часа не се различават съществено. В часовия интервал 09:30-12:00 през Юни 2008, се наблюдава максималната скорост за направлението от 27.8 км/ч, а за Февруари е минималната 20.1 км/ч.

Края на денонощието се обуславя с високите скорости на автомобилния трафик. В този часови интервал достигат своя максимума скоростите и за трите изследвани месеца. Най-високата стойност е постигната през месец Юни на 2009 година от 35.2 км/ч.

Таблица I.1.19 Изменение на средната скорост на движение в направление Околовръстно - Център за м. Юни 2008 година

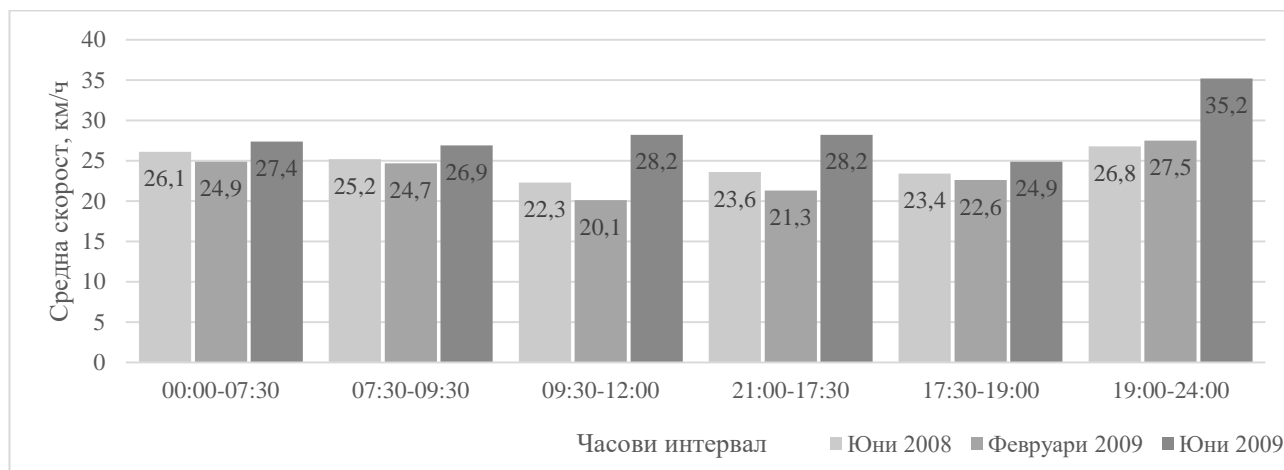
Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	26.1	36.9	22.4
07:30-09:30	25.2	34.1	20.1
09:30-12:00	22.3	33.6	15.4
21:00-17:30	23.6	29.1	17.3
17:30-19:00	23.4	28.4	16.8
19:00-24:00	26.8	30.5	25.0
Средна стойност	24.6	32.1	19.5

Таблица I.1.20 Изменение на средната скорост на движение в направление Околовръстно - Център за м. Февруари 2009 година

Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	24.9	25.3	21.5
07:30-09:30	24.7	30.8	14.5
09:30-12:00	20.1	30.6	6.2
21:00-17:30	21.3	41.4	15.1
17:30-19:00	22.6	26.4	15.4
19:00-24:00	27.5	27.3	18.9
Средна стойност	23.5	30.3	15.3

Таблица I.1.21 Изменение на средната скорост на движение в направление Околовръстно - Център за м. Юни 2009 година

Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	27.4	40.1	27.5
07:30-09:30	26.9	34.6	15.2
09:30-12:00	28.2	47.6	7.1
21:00-17:30	28.2	57.3	19.3
17:30-19:00	24.9	28.6	19.0
19:00-24:00	35.2	49.8	29.3
Средна стойност	28.5	43.0	19.6



Фиг. I.1.7 Изменение на средната скорост на движение в направление Околовръстно - Център за работните дни по месеци и часови интервали

Получените резултати показват относително еднакви стойности за минималната и максималната средна скорост през отделните часови интервали за месец Юни 2008 година. Това дава основание за достигане на заключения свързани с относително постоянни стойности на интензивността на транспортните потоци за разглежданото направление през този месец.

Изменението на средните скорости на автомобилното движение в направление Околовръстно - Квартали са представени в таблици I.1.22, I.1.23, I.1.24 и на фигура I.1.8. Прави впечатление достигнатите високи скорости за направлението в сравнение с разглежданите направления до момента.

В часовия диапазон 00:00-07:30 часа са достигнати максимумите и за трите месеца, съответно 35.3 км/ч за месец Юни 2008 година, 33.3 км/ч за месец Февруари и 36.0 км/ч за месец Юни 2009 година.

Интервала 07:30-09:30 часа се характеризира с намаляването на средната скорост на транспортните потоци. За разглежданите месеци на 2009 година са достигнати минимумите на скоростта (26.5 км/ч за месец Февруари и 30.6 км/ч за Юни).

Най-ниската стойност на скоростта за месец Юни 2008 година е 26.0 км/ч за интервала 12:00-17:30 часа. Скоростта в другите месеци за същия часови интервал е значително по-висока с приблизително еднакви стойности.

Вижда се, че за интервала 17:30 -19:00 часа скоростите се променят в много малки граници в сравнение със сутрешния пиков период.

Таблица I.1.22 Изменение на средната скорост на движение в направление Околовръстно - Квартали за м. Юни 2008 година

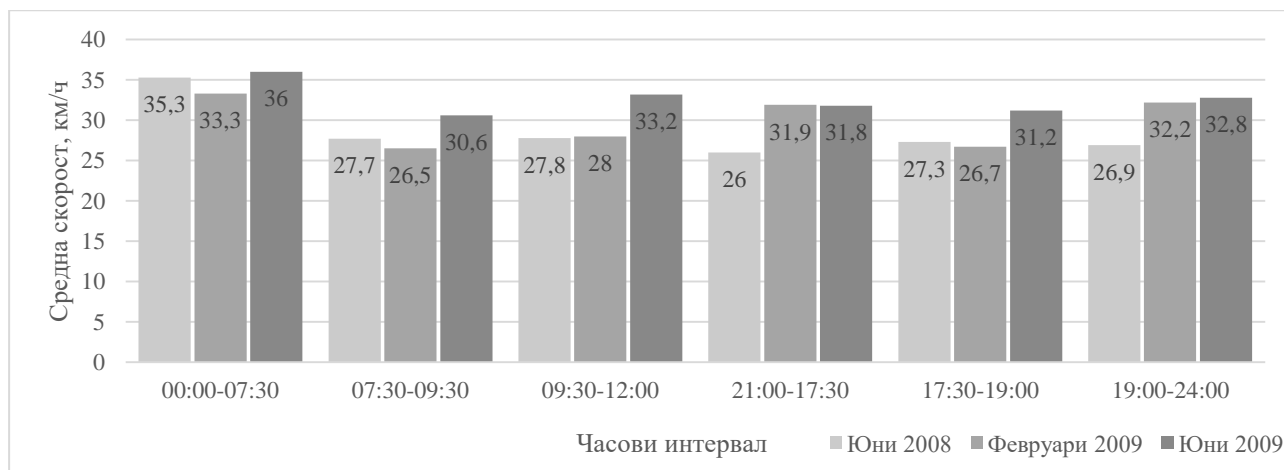
Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	35.3	40.7	29.3
07:30-09:30	27.7	40.5	26.4
09:30-12:00	27.8	44.9	13.4
21:00-17:30	26.0	53.9	9.7
17:30-19:00	27.3	38.9	7.1
19:00-24:00	26.9	38.2	13.1
Средна стойност	28.5	42.9	16.5

Таблица I.1.23 Изменение на средната скорост на движение в направление Околовръстно - Квартали за м. Февруари 2009 година

Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	33.3	41.3	28.1
07:30-09:30	26.5	41.3	15.0
09:30-12:00	28.0	60.4	11.5
21:00-17:30	31.9	102.8	9.2
17:30-19:00	26.7	46.9	6.2
19:00-24:00	32.2	51.2	14.8
Средна стойност	29.8	57.3	16.1

Таблица I.1.24 Изменение на средната скорост на движение в направление Околовръстно - Квартали за м. Юни 2009 година

Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	36.0	53.3	29.1
07:30-09:30	30.6	45.1	17.1
09:30-12:00	33.2	96.3	14.6
21:00-17:30	31.8	68.6	9.7
17:30-19:00	31.2	48.4	21.3
19:00-24:00	32.8	46.2	6.2
Средна стойност	32.6	59.7	16.3



Фиг. I.1.8 Изменение на средната скорост на движение в направление Околовръстно - Квартали за работните дни по месеци и часови интервали

Изменението на средните скорости на автомобилното движение в направление Околовръстно - Околовръстно са представени в таблици I.1.25, I.1.26, I.1.27 и на фигура I.1.9. Вижда се, че стойностите на скоростта през месец Юни 2009 година са най-високи в сравнение с другите разглеждани месеци.

За разлика от останалите направления скоростите бележат своите максимуми за периода 07:30-09:30 часа, съответно 27.7 км/ч за месец Юни на 2008 година, 26.5 км/ч за месец Февруари и 30.6 км/ч за месец Юни на 2009 година. Това показва характера на движението в този часови интервал, в който основните потоци са в посока от зона „Околовръстно“ към останалите зони на града. Съвкупността на транспортните потоци в останалите направления обуславят и по-ниските скорости за тях в този период.

Таблица I.1.25 Изменение на средната скорост на движение в направление Околовръстно - Околовръстно за м. Юни 2008 година

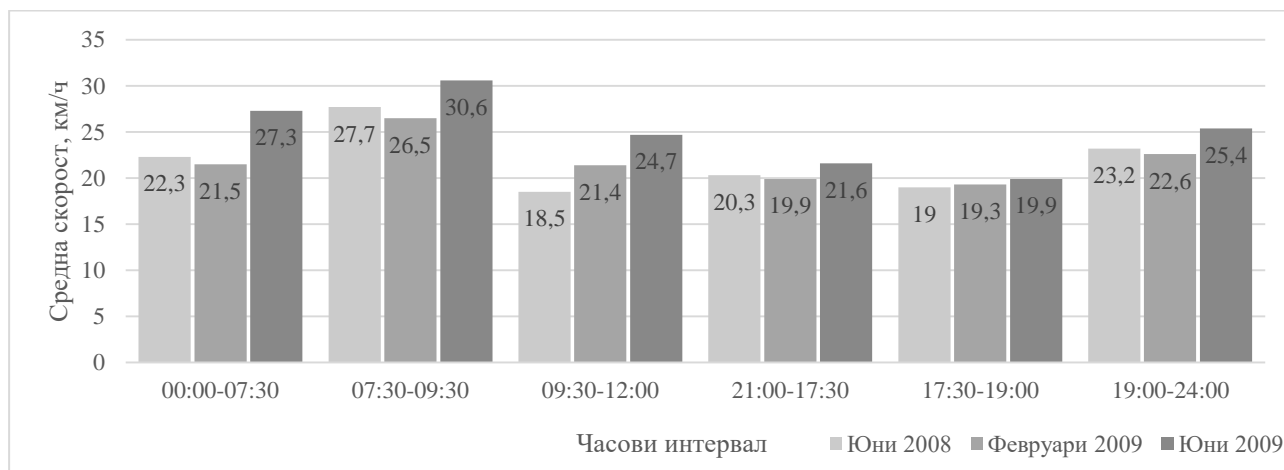
Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	22.3	34.0	21.0
07:30-09:30	27.7	40.5	26.4
09:30-12:00	18.5	28.5	8.3
21:00-17:30	20.3	72.4	7.9
17:30-19:00	19.0	31.2	5.6
19:00-24:00	23.2	31.0	9.2
Средна стойност	21.8	39.6	13.1

Таблица I.1.26 Изменение на средната скорост на движение в направление Околовръстно - Околовръстно за м. Февруари 2009 година

Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	21.5	32.6	21.3
07:30-09:30	26.5	41.3	15.0
09:30-12:00	21.4	58.1	5.0
21:00-17:30	19.9	50.0	7.6
17:30-19:00	19.3	36.9	9.1
19:00-24:00	22.6	48.3	4.1
Средна стойност	21.9	44.5	10.4

Таблица I.1.27 Изменение на средната скорост на движение в направление Околовръстно - Околовръстно за м. Юни 2009 година

Часови интервал	$V_{\text{ср.}}$, км/ч	$V_{\text{макс.}}$, км/ч	$V_{\text{мин.}}$, км/ч
00:00-07:30	27.3	45.2	26.4
07:30-09:30	30.6	45.1	17.1
09:30-12:00	24.7	94.9	7.8
21:00-17:30	21.6	78.3	6.4
17:30-19:00	19.9	61.0	10.9
19:00-24:00	25.4	39.2	7.8
Средна стойност	24.9	60.6	12.7



Фиг. I.1.9 Изменение на средната скорост на движение в направление Околовръстно - Околовръстно за работните дни по месеци и часови интервали

Анализа на резултатите показва и значителна разлика в скоростите на движение в различните направления в посока от зона „Околовръстно“, които в определени часови интервали достига до около 10 км/ч.

Изменение средните скорости на движение на автомобилите за различните зони за работни и почивни дни

Измененията на средните скорости на автомобилното движение по направления за работните и почивни дни за месец Юни 2008 година са представени в таблица I.1.28 и на фигура I.1.10. Прави впечатление, че скоростите за направление Център-Център са най-ниски от всички останали със стойности 10.5 км/ч в работните и 11.5 км/ч в почивните дни. В останалите направления от зона „Център“ скоростта се повишава, като за Център-Околовръстно достига стойности от 25.8 км/ч за работни и 27.1 км/ч за почивни дни.

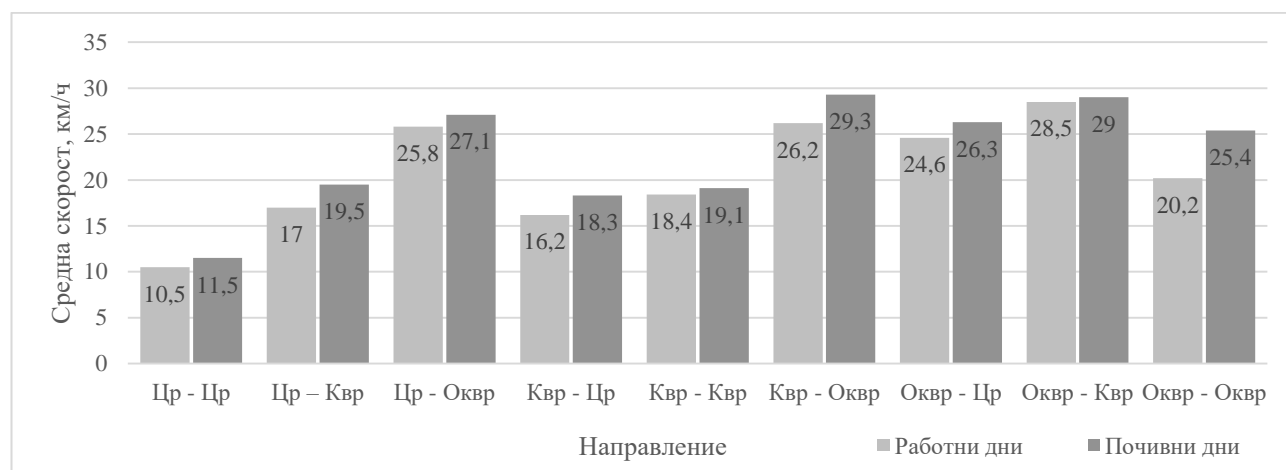
При направленията с отправна зона „Квартали“ зависимостта на промяна на скоростта е същата. В направление Квартали - Център стойностите са 16.2 км/ч и 18.9 км/ч съответно за работни и почивни дни достигат до 26.9 км/ч и 29.3 км/ч за в направление Квартали-Околовръстно.

В направленията започващи от зона „Околовръстно“ скоростта е видимо по-висока от останалите. Промяната на скоростта е в сравнително малки граници. Средната скорост е най-висока в направление Околовръстно-Квартали

със стойност от 28.5 км/ч за работни и 29.0 км/ч за почивни дни, а най-ниска е в направление Околовръстно-Околовръстно от 20.2 км/ч за работни и 25.4 км/ч за почивни дни.

Таблица I.1.28 Изменение на средната скорост на движение по направления за м. Юни 2008 година за работни и почивни дни

Направление	Работни дни $V_{\text{ср.}}$, км/ч	Почивни дни $V_{\text{ср.}}$, км/ч
Център - Център	10.5	11.5
Център – Квартали	17.0	19.5
Център - Околовръстно	25.8	27.1
Квартали - Център	16.2	18.3
Квартали - Квартали	18.4	19.1
Квартали - Околовръстно	26.2	29.3
Околовръстно - Център	24.6	26.3
Околовръстно - Квартали	28.5	29.0
Околовръстно - Околовръстно	20.2	25.4



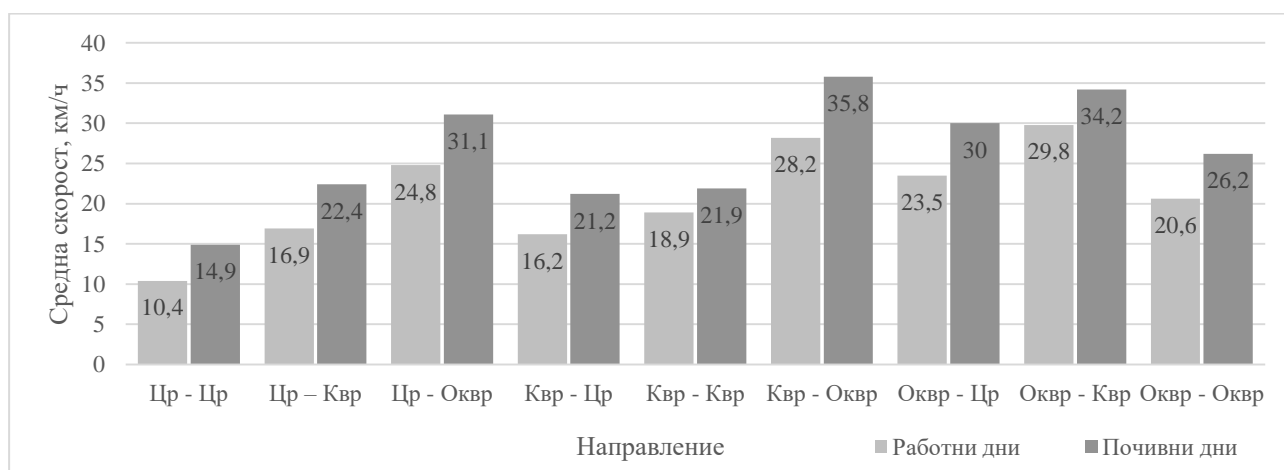
Фиг. I.1.10 Изменение на средната скорост на движение по направления за м. Юни 2008 година за работни и почивни дни

Измененията на средните скорости на автомобилното движение по направления за работните и почивни дни за месец Февруари на 2009 година са представени в таблица I.1.29 и на фигура I.1.11. Вижда се, че отново скоростите за направление Център-Център са най-ниски от всички останали със стойности от 10.4 км/ч в работните и 14.9 км/ч в почивните дни. В останалите направления от зона „Център“ се запазва тенденцията за повишение на средните скорости. Запазваща се зависимост на скоростите на движение се наблюдава и при останалите направления.

Прави впечатление относително еднаквите стойности в сравнение с месец Юни 2008 година, което важи за всички съответстващи си направления.

Таблица I.1.29 Изменение на средната скорост на движение по направления за м. Февруари 2009 година за работни и почивни дни

Направление	Работни дни $V_{\text{ср.}}$, км/ч	Почивни дни $V_{\text{ср.}}$, км/ч
Център - Център	10.4	14.9
Център – Квартали	16.9	22.4
Център - Околовръстно	24.8	31.1
Квартали - Център	16.2	21.2
Квартали - Квартали	18.9	21.9
Квартали - Околовръстно	28.2	35.8
Околовръстно - Център	23.5	30.0
Околовръстно - Квартали	29.8	34.2
Околовръстно - Околовръстно	20.6	26.2



Фиг. I.1.11 Изменение на средната скорост на движение по направления за м. Февруари 2009 година за работни и почивни дни

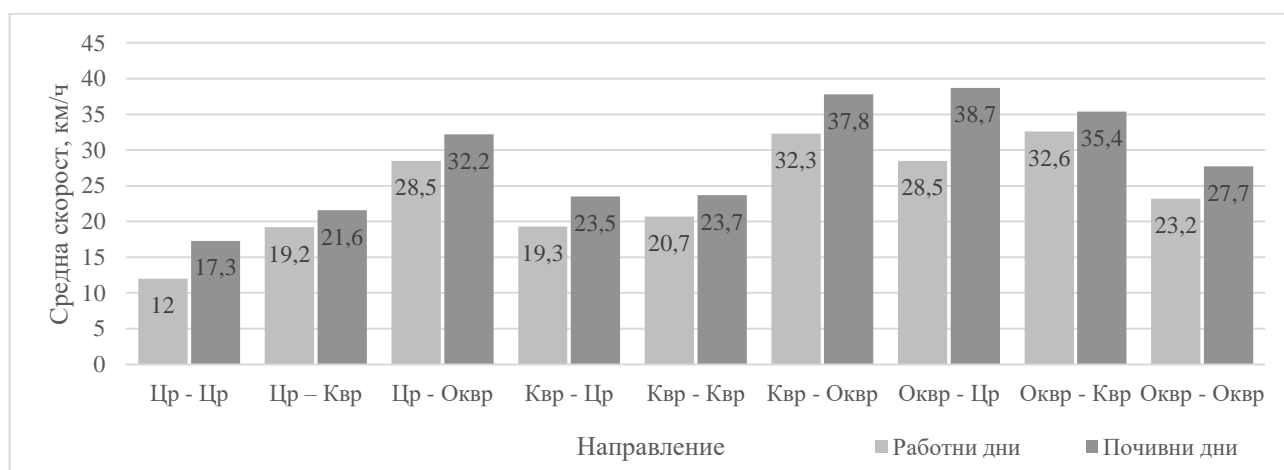
Измененията на средните скорости на автомобилното движение по направления за работните и почивни дни за месец Юни на 2009 година са представени в таблица I.1.30 и на фигура I.1.12. Направлението Център-Център остава с най-ниски от всички останали. През този месец се отчита най-високите стойности за разглежданите месеци от 12.0 км/ч за работните и 17.3 км/ч за почивните дни.

За следващата отправна зона „Квартали“ скоростта е най-ниска към Център – 19.3 км/ч и 23.5 км/ч за почивни и работни дни, като се повишава до 32.3 км/ч и 37.8 км/ч в направление Квартали-Околовръстно.

В направленията от зона „Околовръстно“ скоростта е най-висока в направление Околовръстно – Квартали – 32.6 км/ч за работни и 35.6 км/ч за почивни дни, а най-ниска е в направление Околовръстно - Околовръстно със стойности от 23.2 км/ч за работни и 27.7 км/ч за почивни дни.

Таблица I.1.30 Изменение на средната скорост на движение по направления за м. Юни 2009 година за работни и почивни дни

Направление	Работни дни $V_{ср.}$, км/ч	Почивни дни $V_{ср.}$, км/ч
Център - Център	12.0	17.3
Център – Квартали	19.2	21.6
Център - Околовръстно	28.5	32.2
Квартали - Център	19.3	23.5
Квартали - Квартали	20.7	23.7
Квартали - Околовръстно	32.3	37.8
Околовръстно - Център	28.5	38.7
Околовръстно - Квартали	32.6	35.4
Околовръстно - Околовръстно	23.2	27.7



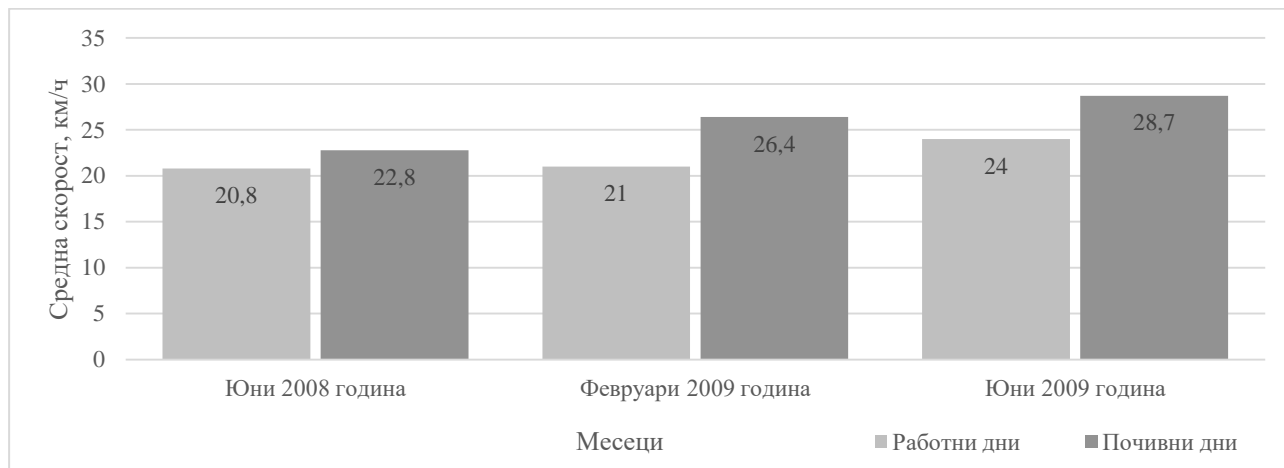
Фиг. I.1.12 Изменение на средната скорост на движение по направления за м. Юни 2009 година за работни и почивни дни

Изменение на средната скорост на движение за разглежданите месеци за работни и почивни дни

Изменението стойностите на средните скорости на автомобилното движение за трите разглеждани месеца, разделени по работни и почивни дни са представени в таблица I.1.31 и на фигура I.1.13. От направените изследвания и достигнатите резултати представени с диаграмата става ясно, че скоростите през почивните дни на седмицата са по-високи от тези в работните дни, което изразява промяната в интензивността на автомобилното движение. Средната скорост на автомобилните потоци се увеличава от 20.8 км/ч през месец Юни 2008 година, на 21.0 км/ч за Февруари 2009 и достига до 24.0 км/ч за Юни 2009 година. С по-голям темп на покачване е скоростта през почивните дни, като за Юни 2008 е 22.6 км/ч, а за Юни 2009 достига 28.7 км/ч.

Таблица I.1.31 Изменение на средната скорост на движение за изследваните месеци в работни и почивни дни

Месец	Работни дни $V_{\text{ср.}}$, км/ч	Почивни дни $V_{\text{ср.}}$, км/ч
Юни 2008 година	20.8	22.8
Февруари 2009 година	21.0	26.4
Юни 2009 година	24.0	28.7



Фиг. I.1.13 Изменение на средната скорост на движение за изследваните месеци в работни и почивни дни

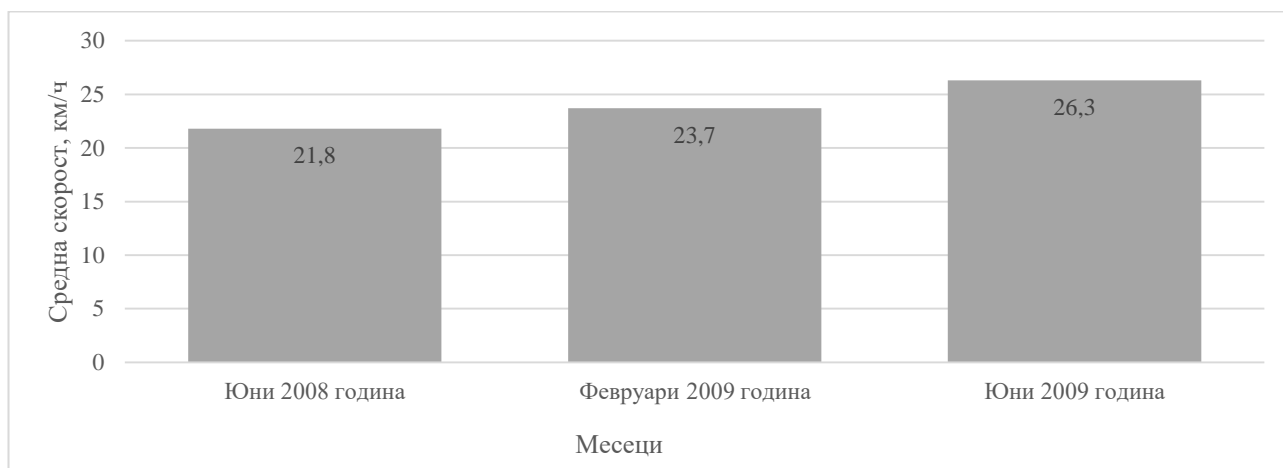
Изменение на средната скорост на движение за разглежданите месеци

Изменението стойностите на средните скорости на автомобилното движение за трите разглеждани периода в работните и почивни дни са представени таблица I.1.32 и на фигура I.1.14. След обобщаване на данните от него става ясно, че средната скорост на движение на автомобилните потоци се е покачила от 21.8 км/ч за Юни 2008 година до 26.3 км/ч за същия период на следващата година.

Представеното обобщение дава възможност за сравнимост на резултатите от подобни изследвания, което да доведе до изразяване на тенденции в изменението на средните скорости на движение през различни периоди. Това може да създаде условия за вземане на адекватни решения, свързани с управлението на движението.

Таблица I.1.32 Изменение на средната скорост на движение за изследваните месеци

Месец	Работни дни $V_{\text{ср.}}$, км/ч	Почивни дни $V_{\text{ср.}}$, км/ч	Средни стойности $V_{\text{ср.}}$, км/ч
Юни 2008 година	20.8	22.8	21.8
Февруари 2009 година	21.0	26.4	23.7
Юни 2009 година	24.0	28.7	26.3



Фиг. I.1.14 Изменение на средната скорост на движение за изследваните месеци

Обобщени резултати от изследването са представени на научна конференция с международно участие по авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии Бул Транс-2009 [8].

Идентични изследвания показват, че в големите градове е под 20 км/ч, както указват авторите в [65] в резултат на изследвания в няколко града в Китай. Подобни са резултатите и за различни градове във Великобритания [67], където авторът отчита и намаляването на скоростите в две последователни години. Резултатите в основната си част се доближават до стойностите на представеното в настоящия монографичен труд изследване. От друга страна се обръща значително внимание на връзката между скоростта на движение в градовете и планирането на пътуванията засегнато от изследователите в [98] и [37], което може да прояви и разликите между движението в градовете и транзитните придвижвания разгледано в [59] и влиянието им върху околната среда [65].

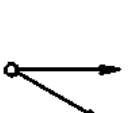
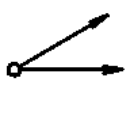
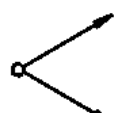
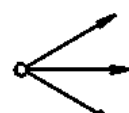
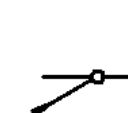
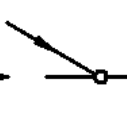
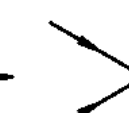
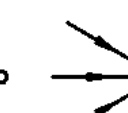

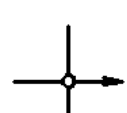
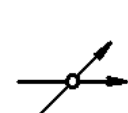
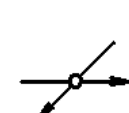
I.1.2 Измерване на задръжките на транспортните потоци в градски условия

Склонността на даден възел (кръстовище) или участък към ПТП се определя от взаимодействието между транспортните потоци и сложността на пътната обстановка. Това са местата, които възпрепятстват пътното движение и пораждаат задръжки на движението [6], което е породено от факта, че пътните превозни средства е необходимо да се разделят във времето при преминаване

през местата оформени като конфликтни точки при пресичане на траекториите на транспортните потоци.

В основни линии конфликтните точки се характеризират с местните особености на пътя и неговата околност. Успоредно с това върху конфликтността оказва голямо въздействие в организацията на движението на автотранспортните средства [6].

Когато се говори за конфликтни места, трябва преди всичко да се имат предвид условията, при които се извършват маневрите: отклонение, сливане (маневра, която се извършва при равностойни транспортни потоци), вливане (маневра, която се извършва при неравностойни транспортни потоци – подчинения се влива в главния) и пресичане (Фиг. I.1.15) на пътя или улицата. Това са места, в които възникват не само ПТП, но се получава и задръжка на движението. В редица страни около 25% от общия брой ПТП възникват на кръстовищата. В населените места, където пресичанията на транспортните потоци се налагат много често, ПТП са значително повече и могат да достигнат 40% от общия брой [6].

Вид маневра	Схематично изображение на направленията на движение			
Отклонение	 надясно	 наляво	 взаимно	 многократно
Сливане	 отдясно	 отляво	 взаимно	 многократно
Пресичане	 отдясно	 отляво	 попътно	 насрещно

Фиг. I.1.15 Схема на различни маневри на автомобила

Един от най-популярните методи за оценяване сложността на кръстовището (възела) е т. нар. балова система. Според нея отклонението се

приема за един бал, сливането – за три, а пресичането на улицата (пътя) – за пет бала. Тогава сложността на кръстовището (възела) може да се изчисли с помощта на следното уравнение:

$$m = m_d + m_f + m_i, \quad (I.1.2)$$

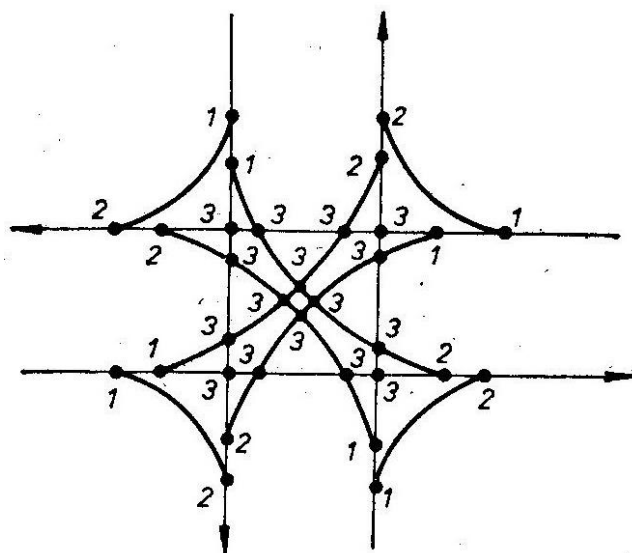
където: m_d е броят на отклоненията;

m_f – броят на сливанията;

m_i – броят на пресичанията.

До 40 бала кръстовището е просто, от 40 до 80 – средно сложно, от 80 до 150 – сложно и над 150 – много сложно [6].

На фигура I.1.16 е показана схема на сложно кръстовище, което има 32 конфликтни точки, 8 отклонения, означени с цифрата 1; 8 сливания – с цифрата 2 и 16 пресичания – с цифрата 3, общо 112 бала.



Фиг. I.1.16 Схема на сложно кръстовище [6]

Степента на опасност при извършване на маневрите в дадено кръстовище (възел) зависи от ъгъла, под който се извършва движението на транспортните потоци. Колкото този ъгъл е по-голям, толкова е по-голяма опасността при движението. При оценка на степента на опасност трябва да се отчитат и редица фактори които зависят от местните и експлоатационните условия: профила на пътя, вида и състоянието на покритието, видимостта, състоянието на техниката, скоростта на движението, психофизиологичното състояние на водача и други [6].

За намаляване на конфликтните точки, породени от взаимодействието на транспортните потоци при извършване на различните видове маневри, се прилагат различни методи: регулиране със светлинна сигнализация или пътни знаци, въвеждане на еднопосочно движение, кръгово движение и други [17].

Способите за намаляване на конфликтните точки намаляват пътно-транспортните произшествия, но в повечето случаи увеличават транспортните задръжки.

За задръжки на транспортния поток могат да се считат не само задръжките в случаите на спрели автомобили на входовете на кръстовищата, пред железопътните прелези и т. н., но и задръжките при движение с по-ниски скорости от разрешените за дадения участък от пътя [7].

Продължителността на задръжките на неурегулирано с пътни знаци или светофари кръстовище зависи от конфигурацията на кръстовището и характеристиките на транспортния поток към всеки от подходите на кръстовището. За кръстовища, регулирани с пътни знаци, потокът, на който е даден приоритет, преминава без спиране, т. е. няма задръжки. Продължителността на задръжките при второстепенния поток зависи изключително от интервала между автомобилите в основния поток. При въвеждане на регулиране със светофарна уредба се явяват задръжки и при двата потока, което показва, че с този метод невинаги се намалява общата задръжка на кръстовището [4].

Задръжките оказват влияние при оптимизирането на програмите за автоматично регулиране на движението и за доказване на икономическия ефект от въвеждането на система за автоматичното му регулиране. Те зависят от времетраенето на цикъла и различните съотношения на интензивността на транспортните потоци [7].

Определянето на транспортните задръжки е възможно да се извърши по различни начини, които се предлагат от специалисти в областта на организацията, управлението и моделирането на движението в градски условия.

За кръстовища, регулирани със светлинна сигнализация, се използват няколко метода. Общоприетата зависимост за определяне на задръжките на светлинно регулирано кръстовище се дава от Вебстер [99]:

$$t_w^f = \frac{t_c(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda s)} + \frac{s^2}{2q(1-s)} - 0.65 \left(\frac{t_c}{I_a} \right)^{\frac{1}{3}} * s^{(2+5\lambda)}, \quad (\text{I.1.3})$$

където: t_w^f е средната задръжка за всяко превозно средство, сек;

t_c – продължителност на цикъла на светофарната уредба, сек;

λ – отношението между времето за зелен сигнал и времето за цикъл;

s – пропускателната способност (потокът на насищане), авт./сек;

I_a – интензивността на транспортния поток, авт./сек.

Определяне на задръжката на транспортен поток (t_w^f) на регулирано кръстовище със светлинни сигнали може да се изчисли и по следния начин [5]:

$$t_w^f = \frac{k I_a t_r}{t_c \left(1 - \frac{I_a}{I_p} \right)}, \text{ сек}, \quad (\text{I.1.4})$$

където: k е коефициент за преобразуване на броя спрели автомобили в еквивалентна задръжка;

I_p – пропускателна способност (поток на насищане) на транспортния поток, авт./сек.

Различни подходи за определяне на транспортните задръжки на регулирани със светлинни сигнали кръстовища представят и авторите в [94] и [80], които показват задълбоченото изучаване на проблемите свързани с появата на задръжките в годините назад.

Задръжките на неурегулирано с пътни знаци или светофари кръстовище се определят по следната зависимост [21]:

$$t_{2w}^f = t_{1w}^f * \text{Min} \left[\frac{I_a}{\mu B} \text{ и } 1 \right], \quad (\text{I.1.5})$$

където

$$t_{1w}^f = 0.05 * \left[\frac{n(k-1)}{2} - p \right], \quad (\text{I.1.6})$$

където n е броят на лентите на входа на кръстовището;

μ – броят автомобили, падащи се на един метър от ширината на платното за движение от съответния поток за един час;

B – ширина на пътното платно, м;

k – броят на лентите на изхода на кръстовището;

p – броят на забранените завои на кръстовището;

$n(k - 1)$ – броят на възможните движения (посоки) на кръстовището.

Представената зависимост (I.1.5) може да се използва за оценка на задръжките и на кръстовище, регулирано с пътни знаци, оказващи предимство на един от потоците.

Подобни са методите използвани при установяване на транспортните задръжки при различни изследвания проведени от авторите в [52] и [49].

Някои от предлаганите методи не са приложими при съвременните условия на движение поради невъзможността да отчитат престоя на автомобилите за няколко цикъла [5]. В съвременните условия на провеждане на изследванията се обръща голямо внимание на създаването на модели, които да премахнат този проблем и да се използват при различни ситуации видно от трудовете на специалистите в [77, 72 и 27]. Някои от изследванията в областта използват и методи свързани с установяване на вероятностни разпределения на пристигащите автомобили в подходите на кръстовищата [103] или автоматизиране при определяне на задръжките с използване на данни за завиващите транспортни потоци [83].

Възможни са изчисления на времето за чакане, които се основават на скоростта на движение на превозните средства. В някои от разгледаните варианти на изчисления се приема, че автомобилите пристигат равномерно и интензивността е константа, което довежда до грешки при определяне на реалното време за чакане на автомобилите.

Точна оценка на транспортните задръжки се получава при измерване на индивидуалното време за чакане на всеки автомобил. Това е постижимо при наличие на необходимите технически средства за неговото определяне или при липса на такива средства – осигуряване на достатъчен брой наблюдатели за гарантиране на достоверността на измерването.

Възможни варианти за определяне на задръжките в реално време се представят от авторите в [61], които могат да се допълнят с методики при определяне на задръжките при адаптивни светофарни уредби [23].

Друг вариант за определяне задръжката на даден транспортен поток на кръстовище е чрез отчитане от наблюдатели на времето за чакане на група автомобили в опашка до момента на тяхното преминаване. Избира се период от време, разпределен на интервали (Δt_{cw}), за които се регистрира броят на автомобилите, чакащи да преминат. Големината на интервала определя точността на получения резултат за времето на транспортната задръжка. Препоръчва се Δt_{cw} да не надвишава 10 сек, като най-точни резултати се получават при $\Delta t_{cw} = 1$ сек. Експерименталните данни се записват в таблица. При стойност $\Delta t_{cw} = 10$ сек вида е представен с таблица I.1.33.

Таблица I.1.33 Бланка за отчитане на транспортните задръжки

минути	Интервали, сек						Брой преминали автомобили A_{pw}	Брой преминали автомобили без спиране A_{pww}	Брой преминали автомобили общо A_{pa}
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60			
0 - 1									
1 - 2									
2 - 3									
3 - 4									
4 - 5									
5 - 6									
6 - 7									
7 - 8									
.									
.									
55 - 56									
56 - 57									
57 - 58									
58 - 59									
59 - 60									
							$\sum A_{pw}$	$\sum A_{pww}$	$\sum A_{pa}$

За всеки от интервалите се записва броят на автомобилите, които чакат в опашка по време на червен сигнал на светофарната уредба. При светване на зелен сигнал се отчита броят на преминалите автомобили, както и на тези, които са

успели да преминат без спиране. При това се следват съответните редове и клетки в бланката според изминалото време от началото на измерването. Транспортната задръжка (t_{wc}) за всеки от автомобилите, които са чакали в опашка ($\sum A_{pw}$), в този случай се изчислява по следната формула:

$$t_w = \frac{n_{cin}\Delta t_{cw}}{\sum A_{pw}}, \text{ сек/авт.}, \quad (\text{I.1.7})$$

където n_{cin} са автомобилните интервали в бланката (един чакащ автомобил за съответния интервал е един автомобилен интервал).

Транспортната задръжка (t_{wwc}) за всеки от автомобилите, които са преминали през кръстовището от съответния поток за изследвания период от време ($\sum A_{pa}$), в този случай се изчислява по следната формула:

$$t_{wwc} = \frac{n_{cin}\Delta t_{cw}}{\sum A_{pa}}, \text{ сек/авт.} \quad (\text{I.1.8})$$

Измерване за установяване на транспортните задръжки е направено през месец октомври в часовия интервал между 14:00 часа и 14:30 часа. Наблюдателите застават на кръстовището на ул. "8-ми декември" и бул. "Св. Климент Охридски" в град София на място с достатъчно добра видимост. Потокът, за който се извършва измерването относно, е движещият се от бул. "Св. Климент Охридски" към ул. "8-ми декември" в посока наляво. Големината на интервала Δt_{cw} се избира да бъде 5 сек. Измерванията са показани в таблица I.1.34.

Транспортната задръжка (t_{wc}) за всеки от автомобилите, които са чакали в опашка, определена по формула (I.1.7), е:

$$t_w = \frac{n_{cin}\Delta t_{cw}}{\sum A_{pw}} = \frac{2441.5}{247} = 49.4 \text{ сек/авт.}$$

Транспортната задръжка (t_{wwc}) за всеки от автомобилите, които са преминали през кръстовището от този транспортен поток през изследвания период от време, определена по формула (I.1.8), е:

$$t_{wwc} = \frac{n_{cin}\Delta t_{cw}}{\sum A_{pa}} = \frac{2441.5}{303} = 40.3 \text{ сек/авт.}$$

Представената методика успешно се прилага при провеждане на лабораторните упражнения на студентите от специалност „Технология и

управление на транспорта“ [9]. По подобна методика се отчитат транспортните задръжки в щата Тексас, САЩ [31]. Транспортните задръжки служат за оценка на протичане на движението и в други страни по света, част от които са представени в научни публикации по въпроса [57, 98 и 104].

Таблица I.1.34 Експериментално изследване на транспортните задръжки

минути	Интервали, сек												A_{pw}	A_{pww}	A_{pa}
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60			
0-1	-	2	3	5	5	5	6	7	10	12	12	12	-	-	-
1-2	12	12	12	12	12	-	-	-	-	-	-	-	12	2	14
2-3	1	2	3	4	7	9	9	9	10	11	15	17	-	-	-
3-4	17	17	19	20	20	20	-	-	-	-	4	4	16	-	16
4-5	5	6	8	10	10	10	12	12	14	15	15	15	-	-	-
5-6	15	15	15	16	-	-	-	-	1	2	3	5	16	-	16
6-7	7	8	9	10	10	10	11	12	12	13	14	15	-	-	-
7-8	15	15	-	-	-	-	2	2	2	3	3	6	15	2	17
8-9	8	9	9	9	11	13	15	15	15	16	16	20	-	-	-
9-10	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	11	31
10-11	2	4	4	4	5	5	8	9	10	13	14	16	-	-	-
11-12	16	17	17	17	18	19	21	-	-	-	3	3	21	2	23
12-13	3	4	4	4	6	7	7	7	9	10	10	10	-	-	-
13-14	11	12	13	13	14	-	-	-	-	-	-	-	14	4	18
14-15	-	1	1	1	2	3	3	4	6	7	8	9	-	-	-
15-16	9	10	10	12	-	-	-	-	3	3	4	5	12	6	18
16-17	6	6	7	8	12	14	17	17	17	20	22	23	-	-	-
17-18	25	27	-	-	-	-	-	-	2	2	4	4	27	4	31
18-19	6	7	8	8	9	9	11	11	11	12	13	14	-	-	-
19-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	14	8	22
20-21	1	2	4	4	5	7	9	10	10	12	15	18	-	-	-
21-22	-	-	-	-	-	-	-	3	3	5	6	7	18	3	21
22-23	9	9	12	15	17	18	18	21	22	22	22	-	6	-	6
23-24	-	-	-	-	-	3	4	6	8	8	8	8	16	2	18
24-25	9	9	11	13	13	14	14	14	14	-	-	-	14	4	18
25-26	-	-	-	-	1	3	3	4	5	5	6	6	-	4	4
26-27	6	6	9	9	9	10	16	16	-	-	-	-	16	2	18
27-28	-	-	-	-	-	1	1	1	5	6	7	7	-	-	-
28-29	7	7	8	8	8	9	10	-	-	-	-	-	10	2	12
29-30	-	1	1	1	2	3	3	6	6	6	6	6	-	-	-
													247	56	303

I.2 Изследване и анализ на транспортното натоварване и интензивността на транспортните потоци в градски условия.

Интензивността I_a е един от най-важните параметри на транспортния поток и представлява броя на транспортните средства, които преминават през дадено сечение на пътя за единица време t . Обикновено интензивността се определя за час, денонощие, за седмица или за месец. При необходимост тя може да се определи за отделен пътен участък [6]. Въвежда се и понятието средна интензивност на транспортния поток:

$$I_a = \frac{Q}{T}, \text{ авт./ч } , \quad (\text{I.2.1})$$

където: Q е броят на транспортните средства, които преминават през дадено сечение на пътя;

T – времето, за което е извършено наблюдението в часове.

Определянето на интензивността чрез преброяване на превозните средства е основа на всяко систематично проучване на движението за решаване на транспортните проблеми [20]. Определената чрез преброяване интензивност се използва за различни цели. Например тя е необходима за определяне на широчината на улицата или пътя (броя на лентите за движение) [42] и при проектиране на начина на пресичането и при изследването на ефекта от него върху намаляването на транспортните задръжки [40] и пътнотранспортните произшествия [84]. Влияе върху регулирането на кръстовищата и оразмеряването на светофарната система.

По градските улици много рядко се движат еднородни транспортни потоци. Наличието в транспортния поток на различни превозни средства, отличаващи се по габарит, маса, динамичност, скорост, влияе значително върху неговата интензивност [20].

Съставът на транспортния поток отразява процентното съдържание на определени видове транспортни средства: велосипеди, мотоциклети, леки и тежкотоварни автомобили, автобуси и други.

При решаване на общите въпроси на планирането, организацията и управлението на движението, при определяне на пропускателната способност на

уличната мрежа, очакваната интензивност на движението, продължителността на цикъла на светофарните уредби се използва приведената интензивност на движението. Тя се получава, като превозните средства се приведат към приетата условна единица (E) – лек автомобил [20]. Приведеният брой на различните видове моторни превозни средства се получава, като се умножи техният действителен брой с приводни коефициенти (формула I.2.2). Те се определят въз основа на проучвания на статичните и динамичните габарити на транспортните средства. Стойностите на коефициентите валидни в Република България са показани в таблица I.2.2. Определени са с наредба на Министерство на регионалното развитие и благоустройството [11].

$$I_a = \frac{I_a^c * K_p^c + \dots + I_a^{bus} * K_p^{bus} + \dots + I_a^n * K_p^n}{T} = \frac{\sum_{i=1}^n I_a^i * K_p^i}{T}, \text{ E/ч}, \quad (\text{I.2.2})$$

където: I_a^i – брой на i -тия вид автомобили за изследвания период;

K_p^i – коефициент на приравняване на i -тия вид автомобили към лек автомобил;

T – продължителност на изследвания период, час.

В световен мащаб стойностите на коефициентите се определят индивидуално за всяка държава или регион. Първоначални такива са предоставени от Вебстер [99]. Множество от изследователите в областта на теорията на транспортните потоци посочват, че в съвременните условия на протичане на движението е необходима актуализация на посочените от Вебстер стойности през 1958 година [81]. За това се извършват и множество изследвания за тяхното определяне в конкретни условия на движение като кръгови кръстовища [73], светлинно регулирани кръстовища [81], участък от магистрален и немагистрален път [63, 89, 90], движение в планински условия [45], при паркиране [41] и други.

Характерна особеност на интензивността на транспортните потоци е, че тя е функция освен на координатите на точката, за която се определя (x, y, z), но и на времето t :

$$I_a = f_{(x,y,z,t)} \quad (\text{I.2.3})$$

В случаите, когато интензивността се определя за дадено сечение на улицата, уравнение (I.2.3) придобива вида [20]

$$I_a = f_t \quad (I.2.4)$$

Изменението на интензивността във времето е динамично и за да се изучи правилно е необходимо да се приложат методите на математическата статистика.

Уравнението (I.2.4) се изменя по следния начин във времето [20]:

- промяна на интензивността по часове от денонощието – часова неравномерност;
- промяна на интензивността по дни от седмицата – дневна неравномерност;
- промяна на интензивността по месеци от годината – месечна неравномерност;
- промяна на интензивността за период от n години – нарастване на интензивността в зависимост от увеличаване степента на моторизация, подвижността на населението и разпределение на пътуванията между личните автомобили и обществения транспорт.

Освен посочените видове неравномерност на интензивността на транспортните потоци се доказва и влиянието на времето върху този показател. Доказва се намаляването на стойностите на интензивността при дъждовно време, високи температури и други фактори свързани с метеорологичната обстановка [36, 105, 47].

Изключително значение има възможността за прогнозиране на интензивността на транспортните потоци във времето. Според поставените цели важно значение имат и краткосрочното и дългосрочното прогнозиране. За това специалистите винаги са отделяли особено внимание на тази възможност в годините назад [4, 5, 20] и в съвременните условия на вземане на решения и възможност за моделиране на движението [32, 39, 47, 48, 56, 74]. Значението на прогнозирането се доказва и с влиянието на този показател върху развитието на градовете [50] и икономическата активност на населението [87].

Интензивността най-често се определя непосредствено от наблюдател или автоматично броене в избрани точки от уличната мрежа. Не е целесъобразно да се провежда едновременно преброяване в безброй много пунктове (точки) за неопределено време. При преброяването се използват различни методи за избор

на точките от уличната мрежа, където ще се определя интензивността, а също така и за продължителността на преброяването в зависимост от това, за какво и как ще се използват получените резултати и от необходимата ни точност [20].

Интензивността най-често се определя за дадено сечение на улицата, като се броят автомобилите в двете посоки и по всички ленти (профилно преброяване). Понякога, макар и рядко, интензивността на движението се определя за отделни посоки и ленти.

При ръчното преброяване имаме непосредствено отчитане на броя на моторни превозни средства от наблюдател, намиращ се до профила, за който се определя интензивността. За по-големи интервали от време ръчното преброяване е много скъпо и трудопоглъщащо. Затова много често то се заменя с автоматично преброяване на моторни превозни средства.

Обикновено моторните превозни средства се класифицират в най-много 10 класа [19]. Ако е необходима подробна класификация, броят на преброителите трябва да се увеличи. Класификацията трябва да бъде ясна, за да може лесно да се оперира с нея. Примерна бланка за записване на резултатите от ръчното преброяване за интензивността на транспортен поток с отчитане на състава е показана в таблица I.2.1. Използването на представената бланка позволява определяне на изменението на стойностите на интензивността в рамките на измервания час. Това дава възможност за точното определяне на отделните периоди от денонощието, характеризиращи се с различно натоварване.

Един квалифициран преброител е в състояние да брой транспортни потоци с интензивност 800 моторни превозни средства за час, като ги класифицира в 10 класа. Висококвалифициран преброител за кратко време и с приемлива точност може да отчете до 2000 моторни превозни средства за час.

Ръчното преброяване се налага винаги, макар и за кратко време, за определяне на състава (класификацията) на транспортните потоци [20].

Автоматичното преброяване има съществени предимства пред ръчното – икономически целесъобразно е и се нуждае от малко обслужващ персонал при непрекъснато броене в продължение на 8, 16 или 24 часа. Недостатъците му са:

невъзможността да се определи съставът на транспортния поток; не е икономично за кратки преброявания.

Таблица I.2.1 Бланка за записване на преминаващите автомобили по категории МПС

Вид МПС	Лек автомобил, в т.ч. линейка, лекотоварен автомобил с полезен товар до 800 kg, микробус до 12 места и други подобни	Мотопед, велосипедист	Мотоциклет	Товарен автомобил с полезен товар до 5 t, микробус над 12 места	Товарен автомобил с полезен товар над 5 t	Автобус или тролейбус	Седлови влекач с ремарке, съчленен автобус или тролейбус	Интензивност в интервала
Интервал, мин.								
0 - 5								
5 - 10								
10 - 15								
15 - 20								
20 - 25								
25 - 30								
30 - 35								
35 - 40								
40 - 45								
45 - 50								
50 - 55								
55 - 60								
Интензивност за часа								

Таблица I.2.2 Коефициенти на приравняване на превозните средства [11]

№ по ред	Видове МПС	Коефициент за приравняване на МПС към лек автомобил
1	Лек автомобил, в т.ч. линейка, лекотоварен автомобил с полезен товар до 800 kg, микробус до 12 места и други подобни	1.0
2	Мотопед, велосипедист	0.3
3	Мотоциклет	0.5
4	Товарен автомобил с полезен товар до 5 t, микробус над 12 места	2.0
5	Товарен автомобил с полезен товар над 5 t	2.5
6	Автобус или тролейбус	3.0
7	Седлови влекач с ремарке, съчленен автобус или тролейбус	3.5

Ето защо автоматичното преброяване много често се прилага съвместно с т.нар. сондажно (кратковременно) ръчно преброяване на моторни превозни средства. Автоматично се определя общото количество на транспортния поток, а неговият състав се уточнява с ръчно броене [20].

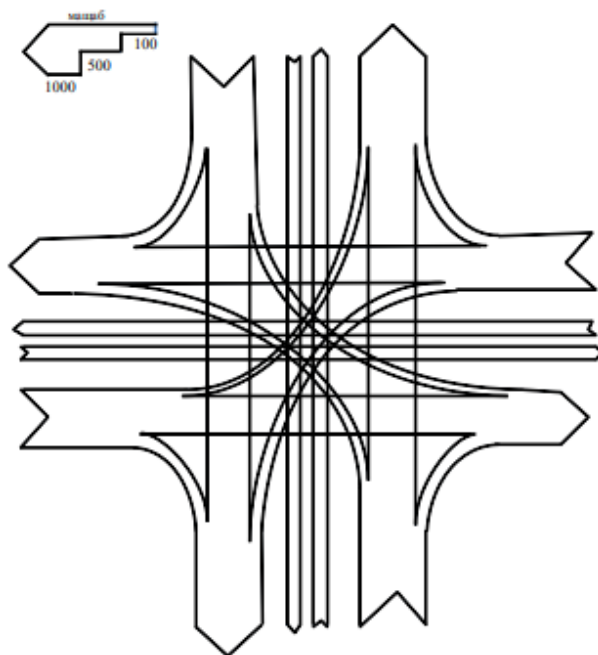
Автоматичното определяне на интензивността се извършва посредством детектори, които регистрират преминалите над тях моторни превозни средства и на тази основа извършват преброяването им. Най-често те се наричат транспортни детектори [19]. Според начина на действието си биват пневматични, индуктивни, радарни, ултразвукови, светлинни и др. Най-често се употребяват пневматичните и индуктивните детектори. Последните намират широко приложение при управление на уличното движение [20].

Индуктивните транспортни детектори се монтират стационарно или временно в пътната настилка. Индуктивните контури се монтират в настилката по широчината на една лента, една посока или по цялата широчина на улицата според това, коя интензивност се определя.

При преминаване на транспортно средство над индуктивния контур детекторът регистрира импулс. Информацията се извежда в записващо устройство. Броят на регистрираните импулси за определено време дава стойността на интензивността [20].

Съществуват и други методи за автоматично определяне на интензивността на транспортните потоци с използване на съвременни технически средства с необходимия софтуер за обработка [53].

При триклонни или четириклонни кръстовища преброяването се извършва, като наблюдателите се разполагат на тротоара по един за всеки подход и броят превозните средства по вид (класифицират движението) и по направление (минаващи направо, завиващи надясно и наляво). Обработените данни се представят в табличен вид и се онагледяват с картограма на транспортното натоварване по примера на показаната на фигура I.2.1. Картограмата на транспортното натоварване се използва при изготвяне на комуникационния проект на кръстовището или възела [20].

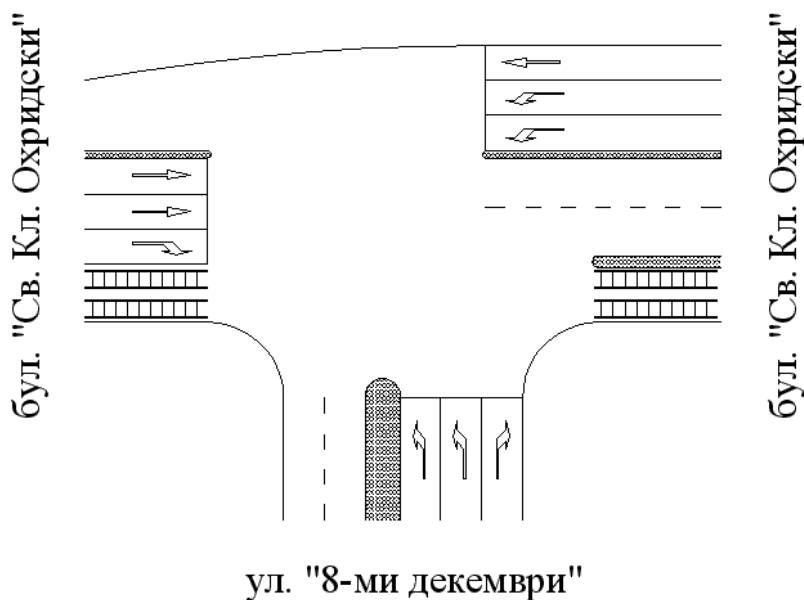


Фиг. I.2.1 Картограма на транспортното натоварване [19]

При кръгови кръстовища и такива със сложна конфигурация (многоклонни, с разделителни острови и др.), а също така при голяма интензивност на движението броят на преброителите се увеличава, като по възможност те се разполагат на високо място, за да виждат цялото кръстовище. Също така могат да се използват видеокамери и други технически средства. Данните след това се обработват по подходящ начин [20].

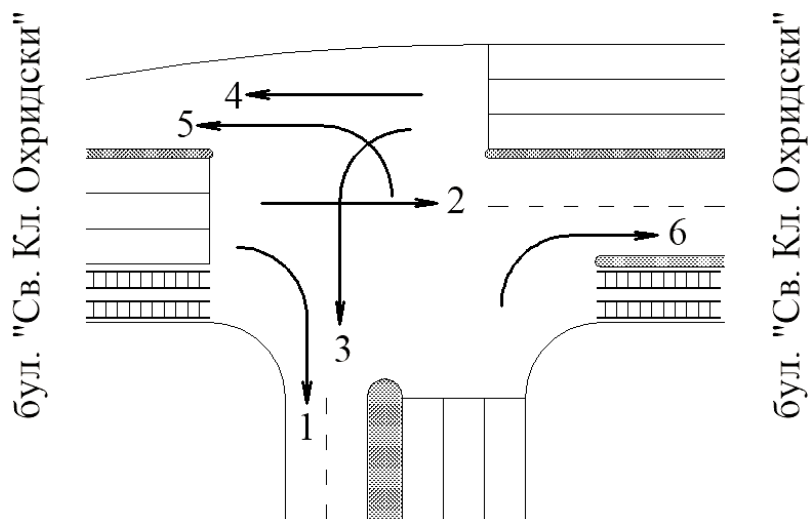
Изследване за интензивността на транспортните потоци, преминаващи през кръстовището между ул. "8-ми декември" и бул. "Св. Климент Охридски" (Фиг. I.2.2) е направено през месец октомври в часовия интервал между 14:00 часа и 15:00 часа.

Наблюдателят застава на място с достатъчно добра видимост за осъществяване на видеозапис с използване на камера. Последващата обработка на записания материал изисква данните за всички пътни превозни средства по категории да се записват се в бланка, показана в таблица I.2.1. Броят на попълнените бланки е съпоставим с транспортните потоци, които преминават през кръстовището.



Фиг. I.2.2 Схема на кръстовището на ул. "8-ми декември" и бул. "Св. Климент Охридски"

За целите на изследването транспортните потоци се обозначиха както е показано на фигура I.2.3. Използван е подхода за случайна номерация на потоците с поредни числа.



ул. "8-ми декември"

Фиг. I.2.3 Схема на обозначаване на транспортните потоци на кръстовището на ул. "8-ми декември" и бул. "Св. Климент Охридски"

Организацията за пропускане на транспортните потоци е следната:

- Поток 1 навлиза в кръстовището от една лента за движение с ширина от 2.5 м;
- Поток 2 навлиза в кръстовището от две ленти за движение всяка с ширина от 3.0 м;
- Поток 3 навлиза в кръстовището от две ленти за движение с всяка с ширина от 3.5 м;
- Поток 4 навлиза в кръстовището от една лента за движение с ширина от 3.0 м;
- Поток 5 навлиза в кръстовището от две ленти за движение всяка с ширина от 3.5 м;
- Поток 6 навлиза в кръстовището от една лента за движение с ширина от 3.25 м.

Резултатите от изследването за транспортните потоци са показани в таблица I.2.3, таблица I.2.4, таблица I.2.5, таблица I.2.6, таблица I.2.7 и таблица I.2.8. Анализът показва, че леките автомобили преобладават в проведеното измерване. Прави впечатление, че на второ място са товарните автомобили с полезен товар до 5 тона, което показва предпочитания вид автомобили за превоз на стоки в градовете. Наличието на товарни автомобили с полезен товар над 5

тона в тази част на столицата се обяснява със съществуването на няколко строежа на изследвания район.

Таблица I.2.3 Резултати от проведено изследване за интензивност на транспортен поток 1

Вид ППС	Лек автомобил, в т.ч. линейка, лекотоварен автомобил с полезен товар до 800 kg, микробус до 12 места и други подобни	Мотопед, велосипедист	Мотоциклет	Товарен автомобил с полезен товар до 5 t, микробус над 12 места	Товарен автомобил с полезен товар над 5 t	Автобус или тролейбус	Седлови влекач с ремарке, съчленен автобус или тролейбус	Интензивност в интервала, Е
Интервал, мин.	1	0.3	0.5	2	2.5	3	3.5	
0 - 5	20			1				22
5 - 10	21						1	24.5
10 - 15	16			1				18
15 - 20	15			1			1	20.5
20 - 25	17		1			1		20.5
25 - 30	25	1		1			1	30.8
30 - 35	23							23
35 - 40	28			1			1	33.5
40 - 45	26					1		29
45 - 50	14			2			1	21.5
50 - 55	18							18
55 - 60	17						1	20.5
Интензивност за часа, Е/ч								281.8

Таблица I.2.4 Резултати от проведено изследване за интензивност на транспортен поток 2

Вид ППС	Лек автомобил, в т.ч. линейка, лекотоварен автомобил с полезен товар до 800 kg, микробус до 12 места и други подобни	Мотопед, велосипедист	Мотоциклет	Товарен автомобил с полезен товар до 5 t, микробус над 12 места	Товарен автомобил с полезен товар над 5 t	Автобус или тролейбус	Седлови влекач с ремарке, съчленен автобус или тролейбус	Интензивност в интервала, Е
Интервал, мин.	1	0.3	0.5	2	2.5	3	3.5	
0 - 5	46			4	1		1	60
5 - 10	30			5	1			42.5
10 - 15	38			5	1		1	54
15 - 20	52	1		3	2			63.3
20 - 25	56			3	2		2	74
25 - 30	42			2	2	1		54
30 - 35	59		2	2	1		1	70
35 - 40	42			2	1			48.5
40 - 45	53			2			1	60.5
45 - 50	43			5	3			60.5
50 - 55	44			4	2		2	64
55 - 60	39			3	1	1		50.5
Интензивност за часа, Е/ч								701.8

Таблица I.2.5 Резултати от проведено изследване за интензивност на транспортен поток 3

Вид ППС	Лек автомобил, в т.ч. линейка, лекотоварен автомобил с полезен товар до 800 kg, микробус до 12 места и други подобни	Мотопед, велосипедист	Мотоциклет	Товарен автомобил с полезен товар до 5 t, микробус над 12 места	Товарен автомобил с полезен товар над 5 t	Автобус или тролейбус	Седлови влекач с ремарке, съчленен автобус или тролейбус	Интензивност в интервала, Е
Интервал, мин.	1	0.3	0.5	2	2.5	3	3.5	
0 - 5	57			2				61
5 - 10	66			2	1			72.5
10 - 15	51			2				55
15 - 20	44		1	1				46.5
20 - 25	42			2			1	49.5
25 - 30	54		1	3	1			63
30 - 35	56			2	1			62.5
35 - 40	52			1				54
40 - 45	38			2				42
45 - 50	69			3	1		1	81
50 - 55	47			2				51
55 - 60	59			1				61
Интензивност за часа, Е/ч								699

Броят на автобусите може да бъде предвиден от разписанията на линиите на масовия градски пътнически транспорт, които преминават през кръстовището. В състава на отделните транспортни потоци попадат съчленени (поток 1 – линия №280, поток 2 – линия №88, поток 3 – линия №413, поток 4 – линия №88 и поток 5 – линия №280) и соло автобуси (поток 6 – линия №69 и

линия №70), които определят специфични изисквания относно конфигурацията на кръстовището и организацията на движение.

Таблица I.2.6 Резултати от проведено изследване за интензивност на транспортен поток 4

Вид ППС	Лек автомобил, в т.ч. линейка, лекотоварен автомобил с полезен товар до 800 kg, микробус до 12 места и други подобни	Мотопед, велосипедист	Мотоциклет	Товарен автомобил с полезен товар до 5 t, микробус над 12 места	Товарен автомобил с полезен товар над 5 t	Автобус или тролейбус	Седлови влекач с ремарке, съчленен автобус или тролейбус	Интензивност в интервала, Е
Интервал, мин.	1	0.3	0.5	2	2.5	3	3.5	
0 - 5	37			4	1	1	1	54
5 - 10	39	1		2	1			45.8
10 - 15	42			3	1	1	1	57
15 - 20	40			3				46
20 - 25	40			3		1	1	52.5
25 - 30	36			3	1			44.5
30 - 35	35		1	4	1	1	1	52.5
35 - 40	34	1		3				40.3
40 - 45	32			3		1	1	44.5
45 - 50	39		1	4	1			50
50 - 55	33			4	1	1	1	50
55 - 60	38	1		2				42.3
Интензивност за часа, Е/ч								579.4

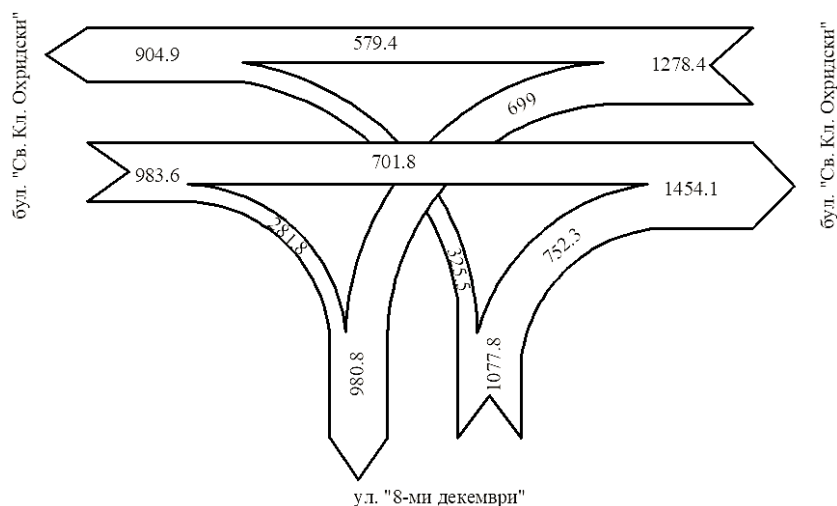
Таблица I.2.7 Резултати от проведено изследване за интензивност на транспортен поток 5

Вид ППС	Лек автомобил, в т.ч. линейка, лекотоварен автомобил с полезен товар до 800 kg, микробус до 12 места и други подобни	Мотопед, велосипедист	Мотоциклет	Товарен автомобил с полезен товар до 5 t, микробус над 12 места	Товарен автомобил с полезен товар над 5 t	Автобус или тролейбус	Седлови влекач с ремарке, съчленен автобус или тролейбус	Интензивност в интервала, Е
Интервал, мин.	1	0.3	0.5	2	2.5	3	3.5	
0 - 5	22					1	1	28.5
5 - 10	24							24
10 - 15	26		2	2			1	34.5
15 - 20	23							23
20 - 25	16			1		1	1	24.5
25 - 30	20							20
30 - 35	30			2		1	1	40.5
35 - 40	31			2				35
40 - 45	17		1				1	21
45 - 50	22					1		25
50 - 55	23			2			1	30.5
55 - 60	19							19
Интензивност за часа, Е/ч								325.5

Таблица I.2.8 Резултати от проведено изследване за интензивност на транспортен поток 6

Вид ППС	Лек автомобил, в т.ч. линейка, лекотоварен автомобил с полезен товар до 800 kg, микробус до 12 места и други подобни	Мотопед, велосипедист	Мотоциклет	Товарен автомобил с полезен товар до 5 t, микробус над 12 места	Товарен автомобил с полезен товар над 5 t	Автобус или тролейбус	Седлови влекач с ремарке, съчленен автобус или тролейбус	Интензивност в интервала, Е
Интервал, мин.	1	0.3	0.5	2	2.5	3	3.5	
0 - 5	50			4			1	61.5
5 - 10	54			3				60
10 - 15	62			4			1	73.5
15 - 20	38			4				46
20 - 25	59			4		1	1	73.5
25 - 30	53			5				63
30 - 35	61			3			1	70.5
35 - 40	58	1		2				62.3
40 - 45	52			2			1	59.5
45 - 50	58			5				68
50 - 55	49			3			1	58.5
55 - 60	48			4				56
Интензивност за часа, Е/ч								752.3

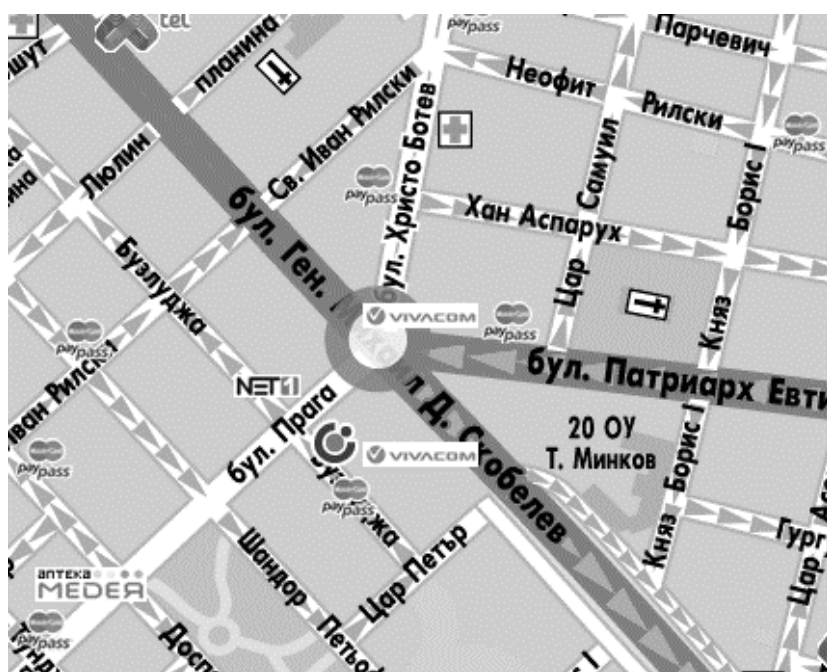
Получените резултати са онагледени с картограма на транспортното натоварване показана на фигура I.2.4. Те могат да послужат за основа на мероприятия за оптимизиране на протичането на движението през кръстовището, което може да се осъществи като се вземат предвид и параметрите на светлинно-сигналното регулиране.



Фиг. I.2.4 Картограма на транспортното натоварване на кръстовището на ул. ”8-ми декември” и бул. ”Св. Климент Охридски”

Представената методика успешно се прилага при провеждане на лабораторните упражнения на студентите от специалност „Технология и управление на транспорта“ [9].

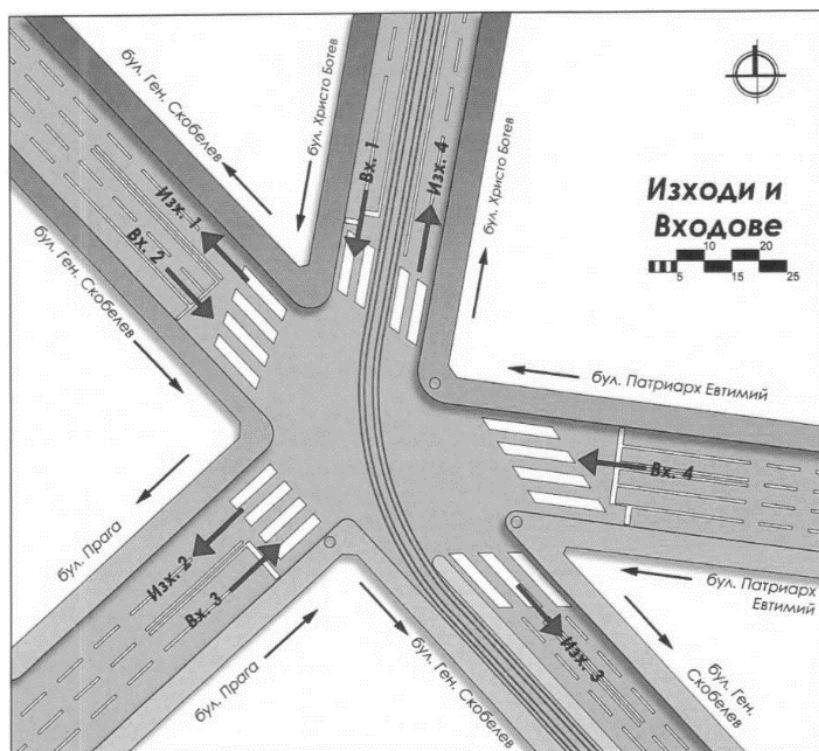
По показания пример е определено транспортното натоварване на едно от възловите кръстовища на територията на гр. София. Това е кръстовището между булевардите „Патриарх Евтимий”, „Ген. Михаил Д. Скобелев”, „Христо Ботев” и „Прага”, известно с наименованието си „Петте къшета”. То е петклонно и е едно най-натоварените кръстовища в централната градска част на град София (Фиг. I.2.5).



Фиг. I.2.5 Местонахождение на изследваното кръстовище

През кръстовището преминават голям брой на автомобили и няколко автобусни, тролейбусни и трамвайни линии на обществения транспорт. Това обуславя и множеството конфликтни точки между транспортните потоци в различните направления.

Два от клоновете на разглежданото кръстовище са организирани с едностранно движение, което определя броя на входовете и изходите му. Означението им е показано на фиг. I.2.6.



Фиг. I.2.6 Означения на входовете и изходите

Конфигурацията на входовете и изходите на кръстовището е както следва:

- Вход 1 е съставен от две ленти за движение – една за завиващите надясно и една за продължаващите направо и завиващите наляво;
- Вход 2 е съставен от три ленти за движение – две за движещите се направо превозни средства и една за завиващите надясно;
- Вход 3 е съставен от три ленти за движение – две за продължаващите направо и една за завиващите надясно;
- Вход 4 е съставен от пет ленти за движение – една за продължаващите направо автомобили, една за продължаващите направо и завиващите надясно, две за продължаващите на ляво и една за обратен завой по бул. „Ген. Михаил Д. Скобелев”.

Всеки от изходите е съставен от две ленти за движение с изключение на Изход 3, който е с три ленти за движение. Всяка от тях е с ширина 3.5 м.

Трамвайното движение преминава в средата на платното за движение по бул. „Христо Ботев“, а по бул. „Ген. Михаил Д. Скобелев“ е организирано в самостоятелно трасе.

За изследване на интензивността на транспортните потоци е използван метод чрез видео заснемане на кръстовището, което се извърши в продължение на 60 минути. Параметрите са определени за сутрешният пиков период от 08:15 до 09:45 часа, който се установи след предварителни наблюдения.

Данните от изследването на интензивността на транспортните потоци по входове и изходи са показани в таблица I.2.9. Стойностите за интензивността на трамвайните потоци, за времето на изследване, са показани в таблица I.2.10.

Таблица I.2.9 Интензивност по входове и изходи, авт./ч

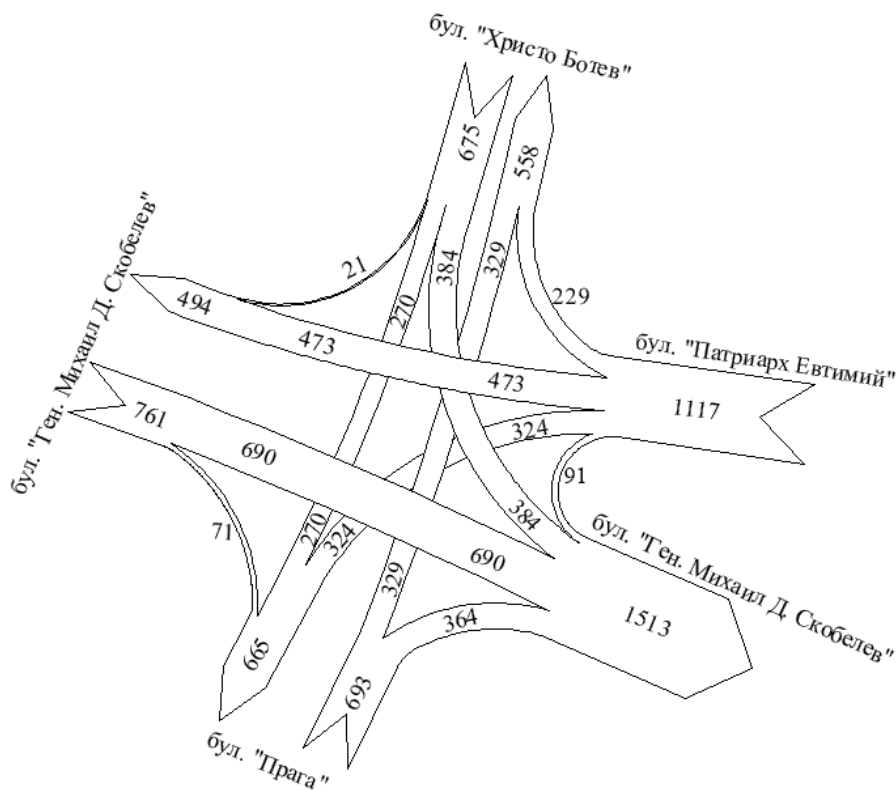
Вход \ Изход		1	2	3	4	Общо
		бул. „Ген. Михаил Д. Скобелев“	бул. „Прага“	бул. „Ген. Михаил Д. Скобелев“	бул. „Христо Ботев“	
1	бул. „Христо Ботев“	21	270	384	0	675
2	бул. „Ген. Михаил Д. Скобелев“	0	71	690	0	761
3	бул. „Прага“	0	0	364	329	693
4	Бул. „Патриарх Евтимий“	473	324	91	229	1117
Общо		494	665	1513	558	3246

Таблица I.2.10 Интензивност на трамвайните потоци, тр./ч

Вход \ Изход		1	2	Общо
		бул. „Христо Ботев“	бул. „Ген. Михаил Д. Скобелев“	
1	бул. „Христо Ботев“	0	23	23
2	бул. „Ген. Михаил Д. Скобелев“	19	0	19
Общо		19	23	42

Анализът на стойностите показва, че най-натоварен е вход 4 с над 1100 авт./ч. Интензивността за останалите входове е с приблизително еднакви стойности от около 700 авт./ч.

Изход 3 е най-натоварен с около 1500 авт./ч, следван от изход 2 с повече от два пъти по-малко превозни средства за изследвания период. Останалите изходи са натоварени с около 500 авт./ч. Резултатите са онагледени с картограма на транспортното натоварване показана на фигура I.2.7.



Фиг. I.2.7 Картограма на транспортното натоварване на кръстовището на булевардите „Патриарх Евтимий”, „Ген. Михаил Д. Скобелев”, „Христо Ботев” и „Прага”

Анализът показва обща натовареност на кръстовището в порядъка на 3200 автомобила за периода на измерване.

Резултатите са представени на Юбилейна научна конференция с международно участие по авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии Бул Транс-2013, 50 години Факултет по транспорта [14].

Измерване за установяване интензивността на транспортните потоци е направено и на друго възлово кръстовище в гр. София, което е реконструирано за пропускане на движението на две нива.

Възлите, които се проектират на две и повече нива, обслужват движението на пресечните и допиращите се пътища (улици). Те осигуряват безконфликтно движение в различни направления.

Съвременните пътни възли на различни нива трябва да отговарят на някои основни изисквания:

- да осигуряват бързо и безопасно движение на потоците;
- отделните зони да осигуряват висока, пропускателна способност;
- да бъдат съобразени с условията на околната среда;
- да притежават добра икономическа ефективност [6].

Обекта на изследването и последващия анализ е кръстовището на бул. „Акад. Иван Евстатиев Гешов” и ул. „Св. Г. Софийски” (фиг. I.2.8).



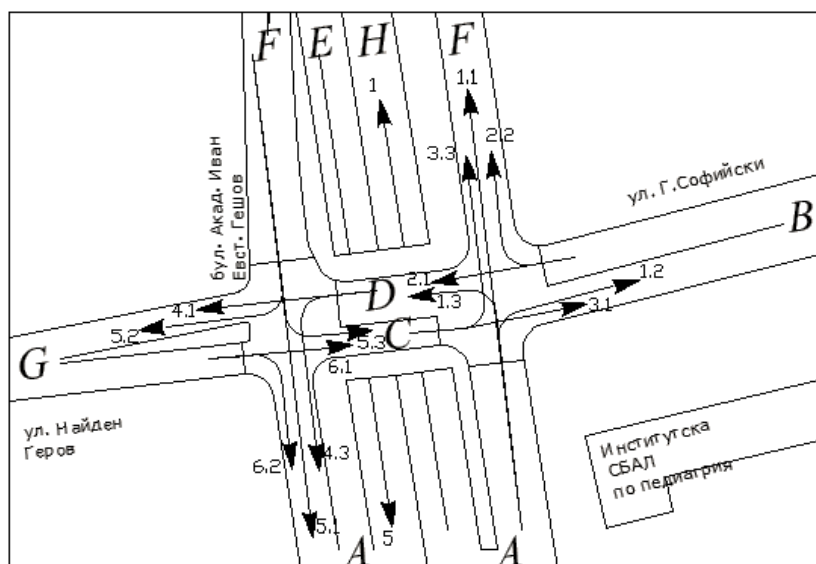
Фиг. I.2.8 Схема на разглежданото кръстовище

Кръстовището се характеризира с това, че е изградено на 2 нива от мостов тип. По мостовото съоръжение преминава движението по ул. „Св. Г. Софийски” към ул. „Найден Геров”. Всяко платно на ул. „Св. Г. Софийски” се състои от 2 ленти, с изключение на средния участък на кръстовището, което е с 3, като едната е за продължаващите направо автомобил, а другите 2 са за завиващите наляво автомобили. Преминаването на автомобилите на второто ниво се регулира със светлинна сигнализация. Автомобилите, преминаващи по бул. „Акад. Иван Евстатиев Гешов” през второто ниво се движат първоначално в 3 ленти и след преминаването си през кръстовището влизат в 2 ленти. Долното ниво по бул. „Акад. Иван Евстатиев Гешов” се състои от 2 ленти по 3.50 м. Платната са разделени с остров широк 1.5 м. Под моста светлата височина е 5.20 м [107].

Преди реконструкцията най-натоварените транспортни потоци са били по бул. „Акад. Иван Евстатиев Гешов” към бул. „България”, след което се дава възможност на тези автомобили да преминават без спиране през кръстовището.

За изследване на интензивността на транспортни потоци на бул. „Акад. Иван Евстатиев Гешов” и ул. „Св. Г. Софийски” е използван метод чрез видео заснемане на кръстовището. След предварителни наблюдения е определен сутрешният пиков период от 8:35 до 9:35 часа.

Номерацията на транспортните потоци, преминаващи през изследвания пътен възел е цифрено. С буквено означение са входовете и изходите на кръстовището (фиг. I.2.9). Междинният участък на кръстовището се разглежда като отделни входове и изходи от и за съответните посоки.

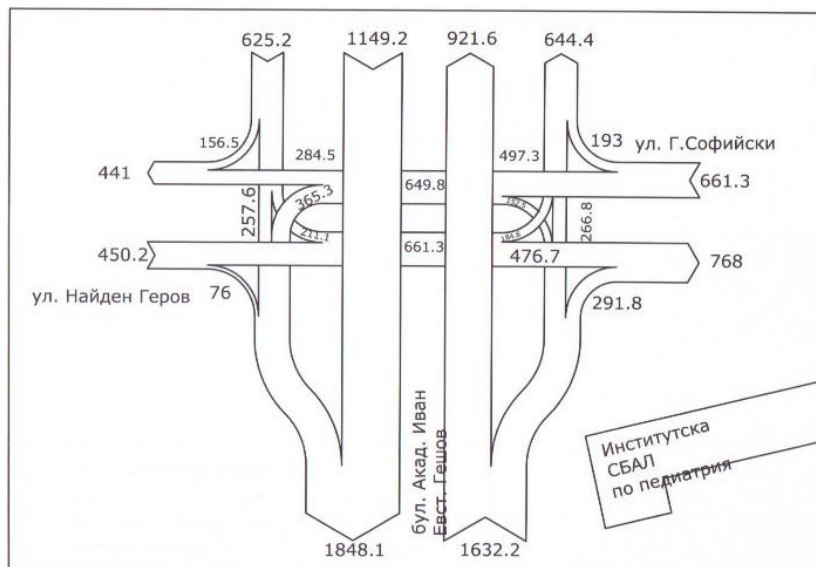


Фиг. I.2.9 Означения на входовете, изходите и транспортните потоци

Данните от изследването на интензивността на входовете и изходите са показани в таблица I.2.11 и на фиг. I.2.10.

Таблица I.2.11 Интензивност по входове и изходи

Интензивност, Е/ч		Вход							Общо
		A	B	C	D	E	F	G	
Изход	A				365.3	1149.2	257.6	76.0	1848.1
	B	291.3		476.7					768.0
	C						211.1	450.2	661.3
	D	152.5	497.3						649.8
	F	266.8	193.0	184.6					644.4
	G				284.5		156.5		441.0
	H	921.6							921.6
	Общо	1632.2	690.3	661.3	649.8	1149.2	625.2	526.2	5934.2



Фиг. 1.2.10 Картограма на транспортното натоварване на разглежданото кръстовище

Анализът на стойностите показва, че най-натоварено е движението от към бул. „Акад. Иван Евстатиев Гешов” към изхода по същия булевард – 1149.2 Е/ч, като най-малко преминали автомобили има от входа от към ул. „Найден Геров” към изход А – 76 Е/ч. Следващия по натовареност е транспортния поток от вход А към изход Н с 921.6 Е/ч. С най-голяма обща интензивност са входовете и изходите по бул. „Иван Евстатиев Гешов”, а автомобилите от вход С към изход В и вход В към изход D, са с близки стойности. Прави впечатление, че интензивността на входовете и изходите по бул. „Св. Г. Софийски” са с едни и същи стойности.

Анализът на интензивността на транспортните потоци за отделните входове показва, че поток 1 съставя повече от 50 % от интензивността на вход А. С по-висока стойност на интензивност от към бул. „Св. Г. Софийски” е поток 2.1 със 72.04 % от натовареността на този вход.

Вижда се, че поток 3.1 формира почти три четвърти от натовареността на вход С. Стойностните разлики между натоварването между двата потока за вход D е много малка.

Прави впечатление, че основната част от автомобилите (около 86 %), влизащи в кръстовището по ул. „Найден Геров” преминават в направление към бул. „Св. Г. Софийски”.

Анализът на интензивността на транспортните потоци за изходите на кръстовището показва, че поток 5 съставя повече от 50 % натоварването на изход

А и е с най-голяма интензивност на кръстовището. Най-малко натоварен е поток 6.2. Вижда се, че за изхода по бул. „Свети Георги Софийски” транспортният поток 3.1 е с почти 2 пъти по-висока интензивност от 1.2. Натоварването на изход С е с 68.08 % от поток 6.1, което е 2 пъти повече от автомобилите преминали в направление 5.3. Интензивността на транспортен поток 2.1 съставя 76.53 % от изход D, което е 3 пъти повече от натовареността на поток 1.3. Изход F се характеризира с най-висока интензивност на от бул. „Иван Евстатиев Гешов” (41.40%). Останалите два потока са с близки стойности с около 30% от натоварването на изхода, а високата интензивност на поток 1, определя натовареността на изход H.

Направеното изследване и анализ на интензивността на транспортните потоци на разглежданото кръстовище показват адекватността на решението за реконструкцията, която позволява транзитно преминаване на основните транспортни потоци по бул. „Иван Евстатиев Гешов”.

Недостатък на решенията е необходимостта транспортните потоци от изхода по бул. „Иван Евстатиев Гешов” към бул. „България” да изчакват разрешаващ сигнал на светофарна уредба при сливането си, който обезопасява преминаването на пешеходци в този участък. Същото се наблюдава и при потоците от същия вход, които се задържат преди тяхното отклоняване. Възможно решение на поставения проблем е изграждане на съоръжение за преминаване на пешеходците, което да не възпрепятства автомобилните потоци.

Резултатите са представени на Юбилейна научна конференция с международно участие по авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии Бул Транс-2013, 50 години Факултет по транспорта [16].

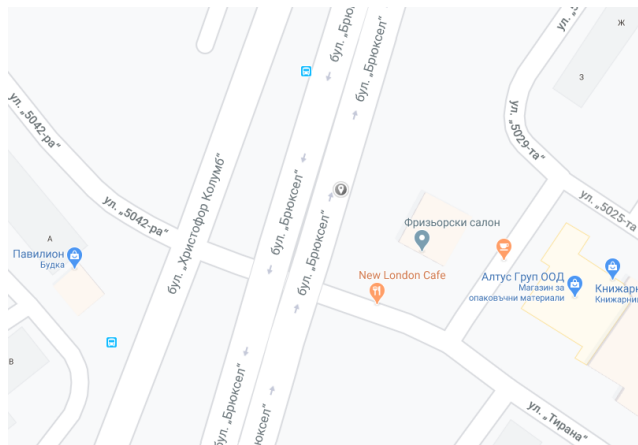
При изследване на движението основен въпрос е определянето на транспортното натоварване в рамките на града [32]. За решаването на този въпрос на територията на гр. София са направени редица изследвания, от които се определя броя на едновременно движещите се автомобили през периода на проведените изследвания. Тяхната последователност е следната:

- Изследване и анализ на запълването на паркингите на територията на гр. София;

- Изследване и анализ на интензивността на транспортните потоци на входовете и изходите на град София.

Изследване и анализ на запълването на паркингите на територията на гр. София

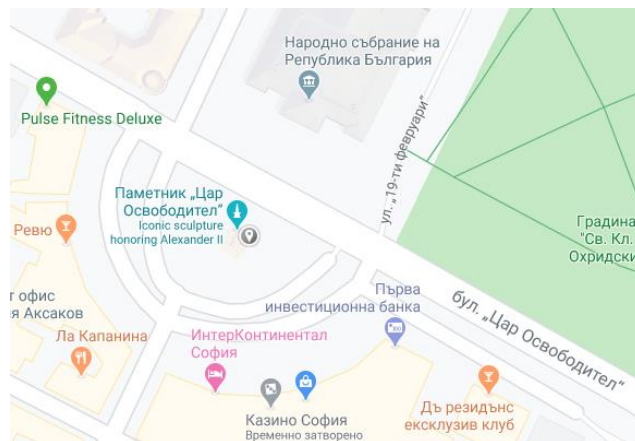
За целта на изследването се избират няколко паркинга които имат повече от 100 паркоместа и са с натоварено движение по отношение на влизаци и излизаци автомобили. Изследвани са два паркинга в два от големите квартали на гр. София – квартал „Дружба“ (Фиг. I.2.11) и квартал „Надежда“ (Фиг. I.2.12) и един натоварен паркинг в централната част на града (Фиг. I.2.13).



Фиг. I.2.11 Паркинг в квартал „Дружба“, под булевард „Брюксел“



Фиг. I.2.12 Паркинг в квартал „Надежда“, пред блок 632



Фиг. I.2.13 Паркинг в централната градска част

Проведените изследвания са проведени в делнични дни от понеделник до четвъртък. Целта е да се избегнат почивните дни и деня преди тях (петък), когато се счита, че трафикът в столицата намалява и хората напускат София и не използват паркингите пред своите жилищни кооперации, като обратното твърдение важи за неделя когато всички се прибират.

В квартал „Дружба“ изследването е проведено в рамките на дванадесет часа, от седем и половина сутринта до седем и половина вечерта, като се регистрират влизащите и излизащите автомобили. При осъществяването на изследването автомобилите се разделят на три различни групи – автомобили със софийска регистрация, с друга българска регистрация и такива с чуждестранна регистрация.

Изследването в квартал „Надежда“ се осъществява в пиковите часове, които се определят от резултатите получени от изследването в квартал „Дружба“. Определи се, че това са периодите от седем и половина до девет часа сутринта и от пет и половина до шест и половина вечер. Стойностите за останалите часове от периода на изследване са пропорционални на получените стойности при изследването на паркинга в квартал „Дружба“.

Изследването в централната част на София е извършено също в определените пикови периоди в сутрешните и вечерните часове. Стойностите за останалите часове от периода на изследване е съобразен със същите приемания както при изследването в квартал „Надежда“.

Разположението на паркинга в квартал „Дружба“ е между големи жилищни блока и броят автомобили в него е голям. Той се намира и в близост до летище София, което дава предпоставки, че може да има и чуждестранни автомобили, но след проведеното изследване се вижда, че такива липсват. Паркинга е с капацитет над 250 паркоместа. Данните от проведеното изследване за влизаци и излизаци от паркинга автомобили е показано в таблица I.2.12.

Таблица I.2.12 Стойности от проведеното изследване на паркинга в квартал „Дружба“

Часови диапазон	Излизаци автомобили				Влизаци автомобили			
	Софийска регистрация		Друга българска регистрация		Софийска регистрация		Друга българска регистрация	
	Брой	%	Брой	%	Брой	%	Брой	%
7:30-8:00	18	19.35	3	3.88	0	0.00	0	0.00
8:00-8:30	14	15.05	5	4.85	0	0.00	0	0.00
8:30-9:00	4	3.88	0	0.00	0	0.00	1	1.03
9:00-9:30	6	5.83	1	0.97	0	0.00	0	0.00
9:30-10:00	4	3.88	0	0.00	2	2.06	0	0.00
10:00-10:30	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
10:30-11:00	1	0.97	0	0.00	2	2.06	0	0.00
11:00-11:30	4	3.88	0	0.00	2	2.06	0	0.00
11:30-12:00	1	0.97	0	0.00	1	1.03	0	0.00
12:00-12:30	2	1.94	0	0.00	1	1.03	0	0.00
12:30-13:00	1	0.97	0	0.00	2	2.06	1	1.03
13:00-13:30	2	1.94	1	0.97	10	10.31	0	0.00
13:30-14:00	2	1.94	0	0.00	10	10.31	0	0.00
14:00-14:30	8	8.6	0	0.00	6	6.19	0	0.00
14:30-15:00	3	2.91	0	0.00	0	0.00	0	0.00
15:00-15:30	11	10.68	0	0.00	0	0.00	0	0.00
15:30-16:00	0	0.00	0	0.00	1	1.03	0	0.00
16:00-16:30	0	0.00	0	0.00	2	2.06	0	0.00
16:30-17:00	4	3.88	0	0.00	4	4.12	0	0.00
17:00-17:30	2	1.94	0	0.00	6	6.19	0	0.00
17:30-18:00	0	0.00	0	0.00	6	6.19	5	5.15
18:00-18:30	0	0.00	0	0.00	13	14.94	3	3.03
18:30-19:30	3	2.91	0	0.00	19	21.84	0	0.00
общо	93	100	10	100	87	100	10	100

В началото на измерването се установи, че броят на автомобилите, които домуват на паркинга е 158, като 82.91% от тях са със софийска регистрация, 17.08% или 27 броя автомобили са с друга българска регистрация, а чуждестранни липсват. По време на преброяването през останалите 12 часа се вижда, че 65.19% или 103 автомобила напускат паркинга, от тях 93 (90.29%) автомобил са със софийска регистрация и 10 (9.71%) с друга българска.

Забелязва се, че пик се получава в интервала от седем и половина до девет

часа като броят на напускащите паркинга автомобили е два пъти по-голям от този на влизащите в паркинга. В 7:30 часа броя на напускащите паркинга е в рамките на 14.56% (15 броя) от тези със софийска регистрация, а на тези с друга българска регистрация е 3.88%. В 8:00 часа се наблюдава спад в броя напускащи паркинга автомобили. Процентното съотношение между софийски и други български е 10.68% (11 броя) към 4.85% (5 броя).

Около 8:30 се вижда, драстично намаляване на моторните превозни средства напускащи паркинга, дори се вижда, че тези с друга регистрация различна от софийската напълно липсват. Необходимо е да се обърне внимание и на малкия брой моторни превозни средства, които влизат в паркинга в този часови диапазон.

В периода от 10:00 до 12:30 часа съотношението на влизащи и излизащи автомобили е почти равен. Прави впечатление, че в диапазона на 13:00 часа до 14:00 часа, се наблюдава увеличаване първо на влизащите моторни превозни средства след това на излизащите. След това в 14:30 се получава сериозен спад в излизащите автомобили.

Вторият пик за деня, който е в периода от 17:00 часа до 18:30, увеличаването на влизащите моторни превозни средства нараства значително като процента на нарастване е доста голям, от своя страна спадът в напускащите паркинга моторни превозни средства намалява значително, като за периода от 17:30 до 18:00 часа липсват такива автомобили.

Паркингът в квартал „Надежда“ се намира в непосредствена близост до булевард „Ломско шосе“, който е главна пътна артерия свързваща централната част на град София с квартала и е един от входно-изходните маршрути на София. Броят на паркоместата в този паркинг е 193.

След предварителното преброяване на автомобилите на паркинга се установява че техния брой е 162, което е 83.94% от капацитета на паркинга.

Изследването се осъществява в пиковите часове сутрин между 7:30 и 9:00 часа и вечер между 17:00 и 18:30 часа. По време на изследването от паркинга излизат 106 автомобили (66.05%) от автомобилите в паркинга, от тях 85.05% са със софийска регистрация, а останалите 14.95% са с друга българска

регистрация. Влезналите автомобили в паркинга са 133 на брой от тях със софийска регистрация са 72.93 % (97 броя), а останалите 27.07% с друга българска регистрация. Отново автомобили с чуждестранна регистрация липсват. Резултатите са онагледени в таблица I.2.13.

Таблица I.2.13 Стойности от проведеното изследване на паркинга в квартал „Надежда“

Часови диапазон	Излизащи автомобили				Влизащи автомобили			
	Софийска регистрация		Друга българска регистрация		Софийска регистрация		Друга българска регистрация	
	Брой	%	Брой	%	Брой	%	Брой	%
7:30-8:00	13	12.15	0	0.00	2	1.5	0	0.00
8:00-8:30	19	7.76	1	0.93	0	0.00	0	0.00
8:30-9:00	11	10.28	1	0.93	0	0.00	2	1.5
9:00-9:30	7	6.54	0	0.00	2	1.5	0	0.00
9:30-10:00	4	3.88	0	0.00	2	2.06	0	0.00
10:00-10:30	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
10:30-11:00	1	0.97	0	0.00	2	2.06	0	0.00
11:00-11:30	4	3.88	0	0.00	2	2.06	0	0.00
11:30-12:00	1	0.97	0	0.00	1	1.03	0	0.00
12:00-12:30	2	1.94	0	0.00	1	1.03	0	0.00
12:30-13:00	1	0.97	0	0.00	2	2.06	1	1.03
13:00-13:30	2	1.94	1	0.97	10	10.31	0	0.00
13:30-14:00	2	1.94	0	0.00	10	10.31	0	0.00
14:00-14:30	8	8.6	0	0.00	6	6.19	0	0.00
14:30-15:00	3	2.91	0	0.00	0	0.00	0	0.00
15:00-15:30	11	10.68	0	0.00	0	0.00	0	0.00
15:30-16:00	0	0.00	0	0.00	1	1.03	0	0.00
16:00-16:30	0	0.00	0	0.00	2	2.06	0	0.00
16:30-17:00	4	3.88	0	0.00	4	4.12	0	0.00
17:00-17:30	0	0.00	0	0.00	7	5.26	0	0.00
17:30-18:00	2	1.86	0	0.00	11	8.27	1	0.75
18:00-18:30	2	1.86	0	0.00	17	12.78	3	2.25
18:30-19:30	4	3.73	3	2.8	15	11.27	2	1.5
общо	101	100	6	100	124	100	9	100

Анализът показва, че около 7:30 часа напускащите автомобили със софийска регистрация са 13 на брой или 12.15% от излизащите от паркинга автомобили в началото на деня. Отново броя на влизащите в ранните часове автомобили е в пъти по-малък от този на излизащите, вижда се че техния процент е 1.5%. В 8:00 часа напускащите моторни превозни средства се увеличават и техния брой става 19, процента им достига 17.76% със софийска регистрация и 0.93% с друга българска. От своя страна липсват влизащи автомобили. В 8:30 часа се наблюдава очакван спад в процентите напускащи автомобили, като те достигат до 10.28 за тези със софийска регистрация, а тези с друга българска

остават 0.93%. Наблюдава се увеличаване на влизащите с друга българска регистрация до 1.5%. Тъй като това изследване се базира на изследването проведено в квартал „Дружба“, процентните съотношения за часове между 9:00 и 17:00 се приемат равни като тези получени при преброяването в Дружба.

За разлика от изследването в Дружба, това в Надежда показва, че около 17:00 часа няма излизаци от паркинга автомобили, докато процента на влизащите е 5.26%. Тук отново става дума само за моторни превозни средства със софийска регистрация, поради факта, че други липсват.

В 18:00 часа се наблюдава втория пик за деня, при който процентите за влизащите автомобили със софийска регистрация достигат до 12.78% (17 броя), а за тези с друга българска регистрация до 2.25%. Този процент остава висок до 18:30.

След проведеното изследване на паркинга в квартал „Надежда“ и след приравняване на стойностите на процентните съотношения в часовия диапазон на деня от 9:00 часа сутринта до 17:00 часа след обяд, базирани на изследването в квартал „Дружба“, се вижда, че паркинга обект на изследване в квартал Надежда е по-натоварен. В него домуват повече моторни превозни средства, следователно има повече влизащи и напускащи автомобили.

Следващият паркинг, обект на изследване, се състои от 100 паркоместа. След предварителното преброяване на автомобилите в паркинга, при започване на изследването, се установи, че те са 28 на брой. След сравнение с данните от другите два паркинга е необходимо да се отбележи, че в това отношение има сериозна разлика. При другите паркинги в началото на деня в ранните часове се вижда, че капацитета на паркинга в квартал „Дружба“ е зает на 63.2% а този в Надежда на 83.94%. Докато се провежда изследването от паркинга влизат 86 автомобили и излизат 76 автомобили.

Анализът показва, че в 7:30 часа сутринта излизат голям процент автомобили 17.10% (13 броя). Важно е да се отбележи, че в тези 13 броя автомобили се включват и тези които са влезли в 7:30 в паркинга а те са 9 на брой, останалите са от домаващите.

В 8:00 часа процента на влезналите в паркинга автомобили е 9.3% (8 броя) със софийска регистрация, а напусналите паркинга са 7.89% (6 броя). В 8:30 се вижда известен пик на влизащите моторни превозни средства в паркинга като техния процент достига 15.11% и дори се появяват автомобили с друга българска регистрация. За сметка на това се вижда известен спад на процента на автомобилите напускащи, той достига до 3.94% за тези със софийска регистрация, а тези с друга българска са 2.36%. Около 9:00 часа се наблюдава лек спад във влизащите моторни превозни средства, но процента остава висок 11.63% и се наблюдава увеличаване на напускащите – те достигат до 9.21%.

Около 17:00 часа се наблюдава драстично намаление на влизащите в паркинга моторни превозни средства, техния процент достига до 2.33%. За разлика от процента на влизащите, тези на напускащите паркинга автомобили се увеличават драстично и достигат до 15.79%.

В 17:30 се наблюдава изравняване на процентните съотношение между влизащи и излизащи, а именно 11.63% (10 броя) към 11.84% (9 броя).

Около 18:00 отново се забелязва спад при влизащите моторни превозни средства до 3.48%. При напускащите се забелязва увеличение до 13.16%. Стойностите за автомобилите с друга българска регистрация и за влизащи и напускащи са около 1%. Около 18:30 отново се наблюдава увеличаване на влизащите моторни превозни средства като техния процент достига високи стойности до 16.27%, забелязва се увеличаване на автомобилите с друга българска регистрация 3.48%.

Важно е да се отбележи, че почти няма пикови часове, или ако има разликите са много малки в отношение на останалите часове. Автомобилите не се застояват за дълго време на паркинга, постоянно има поток на влизащи и излизащи. Резултатите от изследването са показани в таблица I.2.14.

Процентните съотношения, получени при направените изследвания могат да се приемат като меродавни за отделните видове паркинги в зависимост от местоположението им в град София.

Таблица I.2.14 Стойности от проведеното изследване на паркинга в централната градска част на гр. София

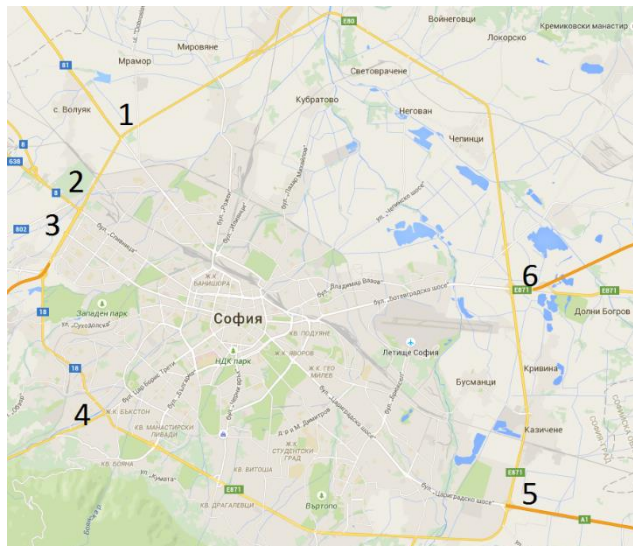
Часови диапазон	Излизащи автомобили				Влизащи автомобили			
	Софийска регистрация		Друга българска регистрация		Софийска регистрация		Друга българска регистрация	
	Брой	%	Брой	%	Брой	%	Брой	%
7:30-8:00	9	10.46	0	0.00	13	17.10	0	0.00
8:00-8:30	8	9.3	0	0.00	6	7.89	0	0.00
8:30-9:00	13	15.11	2	2.35	3	3.94	2	2.63
9:00-9:30	10	11.63	0	0.00	7	9.32	0	0.00
9:30-10:00	12	13.95	0	0.00	6	7.89	0	0.00
17:00-17:30	2	2.33	0	0.00	12	15.79	0	0.00
17:30-18:00	10	11.63	0	0.00	9	11.84	0	0.00
18:00-18:30	3	3.48	1	1.16	10	13.16	1	1.31
18:30-19:30	14	16.27	3	3.48	5	6.57	3	3.95
общо	70	100	6	100	80	100	6	100

Изследване и анализ на интензивността на транспортните потоци на входовете и изходите на град София

Обект на изследването е интензивността на входящите и изходящите транспортни потоци на град София. Измерванията са извършени в делнични дни, като автомобилите са разделени по регистрация както следва: софийска регистрация (СР), друга българска регистрация (ДБР) и регистрация от други държави (ЧР), като се пренебрегва типът на превозното средство. Изследвани са следните входове/изходи (Фиг. I.2.14):

- Бул. „Ломско шосе“ (1) – вход/изход към път №II-81;
- Бул. „Сливница“ (2) – вход/изход към път №I-8;
- Вход АМ „Люлин“ (3) – вход/изход към АМ „Струма“;
- Бул. „Цар Борис III“ (4) – вход/изход към път №I-1;
- Бул. „Цариградско шосе“ (5) – вход/изход към АМ „Тракия“;
- Бул. „Ботевградско шосе“ (6) – вход/изход към АМ „Хемус“.

За бул. „Ломско шосе“ е направено непрекъснато измерване за периода от 07:30 до 19:30 часа. За останалите измерванията са направени в пиковите часове, установени от направеното изследване, а именно от 07:30 до 09:30 часа и от 17:00 до 18:30 часа, като за останалите часове се приема процентното съотношение установено от изследването на вход/изход 1.



Фиг. I.2.14. Местоположение на изследваните входове/ изходи

Изследване на входящите и изходящите потоци на бул. „Ломско шосе“

Измерването на входящите и изходящите потоци на бул. „Ломско шосе“ е извършено с непрекъснато преброяване на транспортните потоци. Преброяването е разделено на интервали, като за всеки един от тях е представен както броят автомобили, разделени по регистрация, така и процентното им съотношение, спрямо общия брой, преминали през деня. Резултатите от измерването на транспортните потоци в посока град София са представени в таблица I.2.15, а в посока извън град София в таблица I.2.16.

Резултатите за влизащите в град София автомобили по бул. „Ломско шосе“ показват, че има два пикови периода за деня. Първият пиков период се намира в сутрешната част от денонощието, а именно в часовия диапазон от 07:30 до 09:30 часа. До достигане на втория пик, между 17:00 и 18:30 часа, изследването показва интензивност между 2.5% и 4.8% или между 192 и 366 автомобили от всички автомобили, влизащи в град София, която може да се приеме за постоянна.

Вторият пик се намира между часовете 17:00 и 18:30. Резултатите, получени от изследването, показват, че транспортния поток в посока София се състои главно от автомобили, управлявани от жители на столицата 5538 бр. (72.2%), на второ място са превозните средства с друга българска регистрация 2083 бр. (27.1%). Най-малък дял от транспортния поток в посока София заемат автомобилите с регистрация от друга държава, а именно 54 бр. автомобили или 0.7% от общия транспортен поток.

Таблица I.2.15 Резултати от измерването на бул. „Ломско шосе“ в посока град София

Часови интервал	CP	ДБР	ЧР	CP	ДБР	ЧР	Общо за интервала
	Брой	Брой	Брой	%	%	%	%
07:30-08:00	355	195	2	4.63	2.54	0.03	7.2
08:00-08:30	333	197	4	4.34	2.57	0.05	7.0
08:30-09:00	317	192	1	4.13	2.50	0.01	6.6
09:00-09:30	307	155	2	4.00	2.02	0.03	6.0
09:30-10:00	251	112	3	3.27	1.46	0.04	4.8
10:00-10:30	190	110	1	2.48	1.43	0.01	3.9
10:30-11:00	145	80	2	1.89	1.04	0.03	3.0
11:00-11:30	136	70	2	1.77	0.91	0.03	2.7
11:30-12:00	135	55	2	1.76	0.72	0.03	2.5
12:00-12:30	145	53	0	1.89	0.69	0.00	2.6
12:30-13:00	167	71	2	2.18	0.93	0.03	3.1
13:00-13:30	140	65	1	1.82	0.85	0.01	2.7
13:30-14:00	200	55	1	2.61	0.72	0.01	3.3
14:00-14:30	150	60	4	1.95	0.78	0.05	2.8
14:30-15:00	184	77	3	2.40	1.00	0.04	3.4
15:00-15:30	190	80	2	2.48	1.04	0.03	3.5
15:30-16:00	220	50	7	2.87	0.65	0.09	3.6
16:00-16:30	220	55	1	2.87	0.72	0.01	3.6
16:30-17:00	235	49	1	3.06	0.64	0.01	3.7
17:00-17:30	308	82	5	4.01	1.07	0.07	5.1
17:30-18:00	310	70	3	4.04	0.91	0.04	5.0
18:00-18:30	335	55	2	4.36	0.72	0.03	5.1
18:30-19:00	315	45	3	4.10	0.59	0.04	4.7
19:00-19:30	295	50	2	3.84	0.65	0.03	4.5
Общо по регистрация	5538	2083	54	72.2	27.1	0.7	-
Общо	7675			100			100

Резултатите, получени от изследването, показват, че за напускащите град София през бул. „Ломско шосе“ има два пикови периода за деня. Първият пиков период се намира в сутрешната част от денонощието, а именно в часовия диапазон от 08:00 до 09:30 часа. До достигане на втория пик, изследването показва интензивност между 2.8% и 4.5% или между 203 и 329 автомобила от всички автомобили, излизаци от град София, която също може да се приеме за постоянна. Вторият пик се намира между часовете 17:00 и 18:30. Пиковите часове, разделени според различните регистрации, не съвпадат по часови диапазони. Регистрираните в град София автомобили имат два пикови периода между часовете 08:00-09:30 часа и от 17:00 до 18:00 часа. С друга българска регистрация имат пик в часовия диапазон от 17:30 до 18:30 часа. Моторните

превозни средства с регистрации от други държави си имат свои пик, а именно между часовете от 13:00 до 13:30.

Таблица I.2.16 Резултати от измерването на бул. „Ломско шосе“ в посока извън град София

Часови интервал	СР	ДБР	ЧР	СР	ДБР	ЧР	Общо за интервала
	Брой	Брой	Брой	%	%	%	%
07:30-08:00	261	69	1	3.61	0.95	0.01	4.58
08:00-08:30	317	65	0	4.39	0.90	0.00	5.28
08:30-09:00	240	54	1	3.32	0.75	0.01	4.08
09:00-09:30	280	77	0	3.87	1.07	0.00	4.94
09:30-10:00	244	58	3	3.38	0.80	0.04	4.22
10:00-10:30	243	68	1	3.36	0.94	0.01	4.32
10:30-11:00	215	95	3	2.97	1.31	0.04	4.33
11:00-11:30	190	95	1	2.63	1.31	0.01	3.96
11:30-12:00	185	75	3	2.56	1.04	0.04	3.64
12:00-12:30	128	72	3	1.77	1.00	0.04	2.81
12:30-13:00	218	83	3	3.02	1.15	0.04	4.21
13:00-13:30	155	105	15	2.14	1.45	0.21	3.80
13:30-14:00	195	130	4	2.70	1.80	0.06	4.55
14:00-14:30	155	80	6	2.14	1.11	0.08	3.33
14:30-15:00	208	90	1	2.88	1.24	0.01	4.14
15:00-15:30	180	75	1	2.49	1.04	0.01	3.54
15:30-16:00	200	95	6	2.77	1.31	0.08	4.16
16:00-16:30	211	98	1	2.92	1.36	0.01	4.29
16:30-17:00	170	90	3	2.35	1.24	0.04	3.64
17:00-17:30	250	120	3	3.46	1.66	0.04	5.16
17:30-18:00	200	150	4	2.77	2.07	0.06	4.90
18:00-18:30	155	180	1	2.14	2.49	0.01	4.65
18:30-19:00	110	120	2	1.52	1.66	0.03	3.21
19:00-19:30	108	100	1	1.49	1.38	0.01	2.89
Общо по регистрация	4918	2244	67	68	31.1	0.9	-
Общо	7229				100		100

Резултатите, показват, че транспортния поток в посока извън София също се състои главно от автомобили, управлявани от жители на столицата 4918 бр. (68%), на второ място са превозните средства с друга българска регистрация 2244 бр. (31%). Най-малък дял от транспортния поток в посока София заемат автомобилите с регистрация от друга държава, а именно 67 бр. автомобили или 0.9% от общия транспортен поток.

Като обобщение на резултатите, получени от изследването на входящите и изходящите потоци по бул. „Ломско шосе“ може да се заключи, че:

1. Първият пиков период между 07:30 и 09:30 часа и втория пиков период, намиращ се в часовия интервал от 17:00 до 18:30 часа, за автомобилите със софийска регистрация в посока София и посока извън София съвпада.

2. Автомобилите с регистрация от друга държава имат пиков период, който не съвпада с този на автомобилите с българска регистрация.

3. За автомобилите с друга българска регистрация се установява, че в посока София сутрешния пиков период е шест пъти по голям в сравнение със същите, но в посока извън София.

Изследване на входящите и изходящите потоци на бул. „Сливница“

Резултатите от измерването на транспортните потоци в посока град София са представени в таблица I.2.17, а в посока извън град София в таблица I.2.18.

Резултатите показват, че между двата пикови периода интензивността е между 2.7% и 4.3% или между 91 и 144 автомобила от всички автомобили, влизащи в град София. Пиковите часове, разделени според различните регистрации, съвпадат по часови интервали за автомобилите със софийска регистрация и тези с друга българска регистрация във втория пиков период. Техния сутрешен пик е между часовете от 08:30 до 10:00 часа, а превозните средства с регистрации от други държави си имат свой пик между часовете от 09:00 до 10:30 часа и от 16:30 до 18:00 часа.

При влизащите в град София автомобили със софийска регистрация се забелязва минимум в часовия диапазон 14:00 до 14:30 часа, 45 автомобила (1.34%). За разлика от минимума на автомобилите със софийска регистрация, при автомобилите с друга българска регистрация минимумът е в интервала от 10:30 до 11:00 часа, 31 автомобила (0.92%). При автомобилите с регистрация от чужда държава минимумът е между 11:30 и 12:00 часа и от 13:00 до 13:30 часа.

Резултатите, получени от изследването, показват, че транспортния поток в посока София по бул. „Сливница“ се състои главно от автомобили, управлявани от жители на столицата 2056 бр. (60%), на второ място са моторните превозни средства с друга българска регистрация 1184 бр. (35.2%). Най-малък дял от

транспортния поток в посока София заемат автомобилите с регистрация от чужда държава, а именно 164 бр. автомобили или 4.8% от транспортния поток.

Таблица I.2.17 Резултати от измерването на бул. „Сливница“ в посока град София

Часови интервал	СР	ДБР	ЧР	СР	ДБР	ЧР	Общо за интервала
	Брой	Брой	Брой	%	%	%	
07:30-08:00	157	43	7	4.66	1.28	0.21	6.15
08:00-08:30	142	53	5	4.22	1.57	0.15	5.94
08:30-09:00	135	95	8	4.01	2.82	0.24	7.07
09:00-09:30	126	72	38	3.74	2.14	1.13	7.01
09:30-10:00	72	55	17	2.14	1.63	0.50	4.28
10:00-10:30	69	40	13	2.05	1.19	0.39	3.62
10:30-11:00	55	31	5	1.63	0.92	0.15	2.70
11:00-11:30	53	38	3	1.57	1.13	0.09	2.79
11:30-12:00	49	44	0	1.46	1.31	0.00	2.76
12:00-12:30	55	51	3	1.63	1.51	0.09	3.24
12:30-13:00	53	47	1	1.57	1.40	0.03	3.00
13:00-13:30	56	55	0	1.66	1.63	0.00	3.30
13:30-14:00	48	43	2	1.43	1.28	0.06	2.76
14:00-14:30	45	59	1	1.34	1.75	0.03	3.12
14:30-15:00	51	45	3	1.51	1.34	0.09	2.94
15:00-15:30	67	42	2	1.99	1.25	0.06	3.30
15:30-16:00	76	41	1	2.26	1.22	0.03	3.50
16:00-16:30	84	39	2	2.49	1.16	0.06	3.71
16:30-17:00	93	38	12	2.76	1.13	0.36	4.25
17:00-17:30	119	61	21	3.53	1.81	0.62	5.97
17:30-18:00	132	55	11	3.92	1.63	0.33	5.88
18:00-18:30	118	47	5	3.50	1.40	0.15	5.05
18:30-19:00	93	41	3	2.76	1.22	0.09	4.07
19:00-19:30	71	49	1	2.11	1.46	0.03	3.59
Общо по регистрация	2056	1184	164	60	35.2	4.8	-
Общо	3367			100			100

Резултатите за автомобилите в посока извън град София показват интензивност между двата пикови периода между 2.2% и 4.9% или между 81 и 179 автомобили от всички автомобили, излизащи от град София.

Регистрираните в град София автомобили имат пик между часовете 07:30-09:30 часа и от 17:00 до 18:30 часа. Автомобилите, излизащи от столицата, с друга българска регистрация имат пик в часовия интервал от 07:30 до 10:00 часа и от 17:00 до 19:30 часа. Моторните превозни средства с регистрации от други държави имат пик между часовете от 07:30 до 11:00 часа и от 17:00 до 18:00 часа. При излизащите от град София автомобили със софийска регистрация се

забелязва минимум в часовия диапазон 12:30 до 13:00 часа, 37 автомобиля (1.01%). За автомобилите с друга българска регистрация минимумът е в часовия интервал от 13:00 до 13:30 часа, 34 автомобиля (0.93%), а при автомобилите с регистрация от друга държава минимумът е между 15:30 и 16:00 часа, 1 автомобил (0.03%).

Таблица I.2.18 Резултати от измерването на бул. „Сливница“ в посока извън град София

Часови интервал	СР	ДБР	ЧР	СР	ДБР	ЧР	Общо за интервала
	Брой	Брой	Брой	%	%	%	%
07:30-08:00	213	73	22	5.83	2.00	0.60	8.43
08:00-08:30	165	47	18	4.52	1.29	0.49	6.29
08:30-09:00	201	69	19	5.50	1.89	0.52	7.91
09:00-09:30	147	49	21	4.02	1.34	0.57	5.94
09:30-10:00	102	59	18	2.79	1.61	0.49	4.90
10:00-10:30	95	48	19	2.60	1.31	0.52	4.43
10:30-11:00	88	55	11	2.41	1.51	0.30	4.21
11:00-11:30	74	52	7	2.03	1.42	0.19	3.64
11:30-12:00	47	49	10	1.29	1.34	0.27	2.90
12:00-12:30	43	42	4	1.18	1.15	0.11	2.44
12:30-13:00	37	45	5	1.01	1.23	0.14	2.38
13:00-13:30	44	34	3	1.20	0.93	0.08	2.22
13:30-14:00	49	41	8	1.34	1.12	0.22	2.68
14:00-14:30	51	49	9	1.40	1.34	0.25	2.98
14:30-15:00	55	57	4	1.51	1.56	0.11	3.17
15:00-15:30	53	49	2	1.45	1.34	0.05	2.85
15:30-16:00	68	35	1	1.86	0.96	0.03	2.85
16:00-16:30	77	41	2	2.11	1.12	0.05	3.28
16:30-17:00	89	45	2	2.44	1.23	0.05	3.72
17:00-17:30	121	59	28	3.31	1.61	0.77	5.69
17:30-18:00	101	63	17	2.76	1.72	0.47	4.95
18:00-18:30	96	54	9	2.63	1.48	0.25	4.35
18:30-19:00	88	61	4	2.41	1.67	0.11	4.19
19:00-19:30	70	59	2	1.92	1.61	0.05	3.59
Общо по регистрация	2174	1235	245	59.5	33.8	6.7	-
Общо	3367			100			100

Резултатите, получени от изследването, показват, че транспортния поток в посока извън София по бул. „Сливница“ се състои главно от автомобили, управлявани от жители на столицата 2174 бр. (59.5%), на второ място са превозните средства с друга българска регистрация 1235 бр. (33.8%). Най-малък дял от транспортния поток в посока извън София заемат автомобилите с

регистрация от друга държава, а именно 245 бр. автомобили или 6.7% от транспортния поток.

Като обобщение на резултатите, получени от изследването на входящите и изходящите потоци по бул. „Сливница“ може да се заключи, че:

1. За автомобилите със софийска регистрация сутрешния пиков период (07:30-09:30 часа) съвпада както в посока град София, така и в посока извън град София.

2. Автомобилите с регистрация от друга държава имат пиков период, който съвпада с този на автомобилите с българска регистрация.

3. За автомобилите с регистрация от друга държава се наблюдават по-високи стойности в посока извън град София в сравнение със стойностите в посока град София.

Изследване на входящите и изходящите потоци на АМ „Люлин“

Резултатите от измерването на транспортните потоци в посока град София са представени в таблица I.2.19, а в посока извън град София в таблица I.2.20.

От резултатите, получени от измерването на входа на АМ „Люлин“, се установява, че от сутрешния до вечерния пик интензивността е между 2.87% и 4.91% или между 299 и 512 автомобили от всички автомобили, влизащи в град София.

Регистрираните в град София автомобили имат пик между часовете 07:30-09:00 часа и от 17:00 до 18:30 часа. Автомобилите, влизащи в столицата, с друга българска регистрация имат пик в часовия интервал от 07:30 до 09:00 часа и от 17:00 до 17:30 часа, а тези с регистрации от други държави – между 08:30 и 09:00 часа и от 17:30 до 18:00 часа.

При влизащите в град София автомобили със софийска регистрация се забелязва минимум в интервала от 13:00 до 13:30 часа, 182 автомобили (1.75%). За разлика от минимума на автомобилите със софийска регистрация, при автомобилите с друга българска регистрация минимумът е в часовия диапазон от 19:00 до 19:30 часа, 39 автомобили (0.37%). Между 10:30 и 11:00 часа няма преминали автомобили с чуждестранна регистрация.

Таблица I.2.19 Резултати от измерването на АМ „Люлин“ в посока град София

Часови интервал	СР	ДБР	ЧР	СР	ДБР	ЧР	Общо за интервала
	Брой	Брой	Брой	%	%	%	%
07:30-08:00	492	203	7	4.72	1.95	0.07	6.73
08:00-08:30	483	193	6	4.63	1.85	0.06	6.54
08:30-09:00	421	207	11	4.04	1.98	0.11	6.13
09:00-09:30	356	151	5	3.41	1.45	0.05	4.91
09:30-10:00	272	132	8	2.61	1.27	0.08	3.95
10:00-10:30	234	128	6	2.24	1.23	0.06	3.53
10:30-11:00	204	122	0	1.96	1.17	0.00	3.13
11:00-11:30	197	119	3	1.89	1.14	0.03	3.06
11:30-12:00	198	108	4	1.90	1.04	0.04	2.97
12:00-12:30	201	100	5	1.93	0.96	0.05	2.93
12:30-13:00	184	122	8	1.76	1.17	0.08	3.01
13:00-13:30	182	112	5	1.75	1.07	0.05	2.87
13:30-14:00	193	111	4	1.85	1.06	0.04	2.95
14:00-14:30	201	124	6	1.93	1.19	0.06	3.17
14:30-15:00	223	126	5	2.14	1.21	0.05	3.39
15:00-15:30	226	129	7	2.17	1.24	0.07	3.47
15:30-16:00	248	131	8	2.38	1.26	0.08	3.71
16:00-16:30	301	136	9	2.89	1.30	0.09	4.28
16:30-17:00	361	140	6	3.46	1.34	0.06	4.86
17:00-17:30	418	173	7	4.01	1.66	0.07	5.73
17:30-18:00	521	89	10	5.00	0.85	0.10	5.94
18:00-18:30	477	78	9	4.57	0.75	0.09	5.41
18:30-19:00	376	66	8	3.61	0.63	0.08	4.31
19:00-19:30	272	39	2	2.61	0.37	0.02	3.00
Общо по регистрация	7241	3039	149	69.43	29.14	1.43	-
Общо	10429			100			100

Резултатите, получени от изследването, показват, че транспортния поток в посока София на входа на АМ „Люлин“ се състои главно от автомобили, управлявани от жители на столицата 7241 бр. (69.43%), на второ място са превозните средства с друга българска регистрация 3039 бр. (29.14%). Най-малък дял от транспортния поток в посока София заемат автомобилите с регистрация от друга държава, а именно 149 бр. автомобила или 1.43% от транспортния поток.

Резултатите от изследването на автомобилите в посока извън град София показват, че между двата пика интензивността е между 2.32% и 4.12% или между 173 и 307 автомобила от всички автомобили, излизаци от град София.

Пиковите часове за автомобилите със софийска регистрация и тези с друга българска регистрация съвпадат с пиковите периоди на изследването. Превозните средства с регистрации от други държави имат пик между часовете от 08:00 до 10:00 часа и от 16:00 до 17:30 часа.

Таблица I.2.20 Резултати от измерването на АМ „Люлин“ в посока извън град София

Часови интервал	СР	ДБР	ЧР	СР	ДБР	ЧР	Общо за интервала
	Брой	Брой	Брой	%	%	%	%
07:30-08:00	295	206	11	3.96	2.77	0.15	6.88
08:00-08:30	278	197	27	3.73	2.65	0.36	6.74
08:30-09:00	258	192	45	3.47	2.58	0.60	6.65
09:00-09:30	227	168	23	3.05	2.26	0.31	5.61
09:30-10:00	142	112	21	1.91	1.50	0.28	3.69
10:00-10:30	132	94	16	1.77	1.26	0.21	3.25
10:30-11:00	122	84	12	1.64	1.13	0.16	2.93
11:00-11:30	129	81	14	1.73	1.09	0.19	3.01
11:30-12:00	119	84	16	1.60	1.13	0.21	2.94
12:00-12:30	122	75	19	1.64	1.01	0.26	2.90
12:30-13:00	102	76	12	1.37	1.02	0.16	2.55
13:00-13:30	114	77	8	1.53	1.03	0.11	2.67
13:30-14:00	80	82	11	1.07	1.10	0.15	2.32
14:00-14:30	135	74	14	1.81	0.99	0.19	3.00
14:30-15:00	139	62	10	1.87	0.83	0.13	2.83
15:00-15:30	155	84	9	2.08	1.13	0.12	3.33
15:30-16:00	187	86	11	2.51	1.16	0.15	3.81
16:00-16:30	181	96	19	2.43	1.29	0.26	3.98
16:30-17:00	187	98	22	2.51	1.32	0.30	4.12
17:00-17:30	279	153	17	3.75	2.06	0.23	6.03
17:30-18:00	263	167	11	3.53	2.24	0.15	5.92
18:00-18:30	237	148	8	3.18	1.99	0.11	5.28
18:30-19:00	225	132	7	3.02	1.77	0.09	4.89
19:00-19:30	218	119	9	2.93	1.60	0.12	4.65
Общо по регистрация	4326	2747	372	58.1	36.9	5.0	-
Общо	7445			100			100

При излизаните от град София автомобили със софийска регистрация се забелязва минимум в интервала 13:30 до 14:00 часа, 80 автомобила (1.07%). При автомобилите с друга българска регистрация минимумът е в часовия интервал от 14:30 до 15:00 часа, 62 автомобила (0.83%). При автомобилите с регистрация от чужда държава минимумът е между 18:30 и 19:00 часа, 7 автомобила (0.09%).

Резултатите, получени от изследването, показват, че транспортния поток в посока извън София на входа на АМ „Люлин“ се състои главно от автомобили,

управлявани от жители на столицата 4326 бр. (58.1%), на второ място са моторните превозни средства с друга българска регистрация 2747 бр. (36.9%). Най-малък дял от транспортния поток в посока извън София заемат автомобилите с регистрация от друга държава, а именно 372 бр. автомобили или 5% от транспортния поток.

Като обобщение на резултатите, получени от изследването на входящите и изходящите потоци на входа на АМ „Люлин“ може да се заключи, че:

1. За автомобилите със софийска регистрация сутрешния пиков период (от 07:30 до 09:30 часа) съвпада както в посока град София, така и в посока извън град София.

2. Първият пиков период съвпада, в посока град София и посока извън град София, за автомобили с друга българска регистрация и за тези със софийска регистрация.

3. За автомобилите с регистрация от друга държава се наблюдават по-високи стойности в посока извън град София в сравнение със стойностите в посока град София.

Изследване на входящите и изходящите потоци на бул. „Цар Борис III“

Резултатите от измерването на транспортните потоци в посока град София са представени в таблица I.2.21, а в посока извън град София в таблица I.2.22.

Резултатите, идентично с останалите, показват, че има два пикови периода за деня. Първият пиков период се намира в сутрешната част от денонощието, а именно в часовия диапазон от 07:30 до 09:00 часа. До достигане на втория пик, изследването показва интензивност между 2.37% и 6.17% или между 202 и 525 автомобили от всички автомобили, влизащи в град София, която може да се приеме за постоянна. Вторият пик се намира между часовете 17:00 и 18:30. Регистрираните в град София автомобили имат пик между часовете 07:30-10:00 часа и от 17:00 до 18:30 часа. Автомобилите, влизащи в столицата, с друга българска регистрация имат пик в часовия диапазон от 07:30 до 09:00 часа и от 16:00 до 18:00 часа.

Таблица I.2.21 Резултати от измерването на бул. „Цар Борис III“ в посока град София

Часови интервал	СР	ДБР	ЧР	СР	ДБР	ЧР	Общо за интервала
	Брой	Брой	Брой	%	%	%	%
07:30-08:00	310	410	9	3.64	4.82	0.11	8.56
08:00-08:30	230	400	3	2.70	4.70	0.04	7.44
08:30-09:00	227	395	4	2.67	4.64	0.05	7.35
09:00-09:30	217	374	3	2.55	4.39	0.04	6.98
09:30-10:00	215	308	2	2.53	3.62	0.02	6.17
10:00-10:30	197	289	2	2.31	3.39	0.02	5.73
10:30-11:00	175	230	1	2.06	2.70	0.01	4.77
11:00-11:30	144	224	4	1.69	2.63	0.05	4.37
11:30-12:00	115	201	3	1.35	2.36	0.04	3.75
12:00-12:30	88	187	2	1.03	2.20	0.02	3.25
12:30-13:00	64	167	2	0.75	1.96	0.02	2.74
13:00-13:30	72	153	4	0.85	1.80	0.05	2.69
13:30-14:00	73	124	5	0.86	1.46	0.06	2.37
14:00-14:30	77	122	6	0.90	1.43	0.07	2.41
14:30-15:00	76	139	5	0.89	1.63	0.06	2.58
15:00-15:30	85	148	8	1.00	1.74	0.09	2.83
15:30-16:00	100	149	4	1.17	1.75	0.05	2.97
16:00-16:30	121	159	8	1.42	1.87	0.09	3.38
16:30-17:00	154	145	4	1.81	1.70	0.05	3.46
17:00-17:30	163	125	2	1.91	1.47	0.02	3.56
17:30-18:00	177	129	4	2.08	1.52	0.05	3.64
18:00-18:30	155	119	3	1.82	1.40	0.04	3.25
18:30-19:00	114	105	2	1.34	1.23	0.02	2.60
19:00-19:30	85	93	1	1.00	1.09	0.01	2.10
Общо по регистрация	3434	4988	91	40.3	58.6	1.1	-
Общо	8513		100			100	

Превозните средства с регистрации от други държави имат пиков период между часовете от 07:30 до 08:00 часа и от 15:00 до 16:30 часа. При влизащите в град София автомобили със софийска регистрация се забелязва минимум в часовия диапазон 12:30 до 13:00 часа, 64 автомобила (0.75%). Минимума при автомобилите с друга българска регистрация минимумът е в интервала от 19:00 до 19:30 часа, 93 автомобила (1.09%). При автомобилите с регистрация от друга държава минимумът е между 10:30 и 11:00 часа, 1 автомобил (0.01%) и между 19:00 и 19:30 часа, 1 автомобил (0.01%).

Резултатите, показват, че транспортния поток в посока София на бул. „Цар Борис III“ се състои главно от автомобили с друга българска регистрация, а именно 4988 бр. (58.6%), на второ място са моторните превозни средства със

софийска регистрация 3434 бр. (40.3%). Най-малък дял от транспортния поток в посока София заемат автомобилите с регистрация от чужда държава, а именно 91 бр. автомобили или 1.1% от транспортния поток.

Таблица I.2.22 Резултати от измерването на бул. „Цар Борис III“ в посока извън град София

Часови интервал	СР	ДБР	ЧР	СР	ДБР	ЧР	Общо за интервала
	Брой	Брой	Брой	%	%	%	%
07:30-08:00	110	133	5	1.64	1.98	0.07	3.70
08:00-08:30	133	127	2	1.98	1.89	0.03	3.91
08:30-09:00	199	121	1	2.97	1.81	0.01	4.79
09:00-09:30	165	117	2	2.46	1.75	0.03	4.24
09:30-10:00	146	113	3	2.18	1.69	0.04	3.91
10:00-10:30	141	103	2	2.10	1.54	0.03	3.67
10:30-11:00	135	110	7	2.01	1.64	0.10	3.76
11:00-11:30	129	98	2	1.92	1.46	0.03	3.42
11:30-12:00	125	88	3	1.87	1.31	0.04	3.22
12:00-12:30	129	92	4	1.92	1.37	0.06	3.36
12:30-13:00	126	81	2	1.88	1.21	0.03	3.12
13:00-13:30	134	86	8	2.00	1.28	0.12	3.40
13:30-14:00	154	84	0	2.30	1.25	0.00	3.55
14:00-14:30	148	79	5	2.21	1.18	0.07	3.46
14:30-15:00	141	85	3	2.10	1.27	0.04	3.42
15:00-15:30	137	97	5	2.04	1.45	0.07	3.57
15:30-16:00	159	112	1	2.37	1.67	0.01	4.06
16:00-16:30	175	138	8	2.61	2.06	0.12	4.79
16:30-17:00	213	145	3	3.18	2.16	0.04	5.39
17:00-17:30	217	164	4	3.24	2.45	0.06	5.74
17:30-18:00	239	175	2	3.57	2.61	0.03	6.21
18:00-18:30	202	168	2	3.01	2.51	0.03	5.55
18:30-19:00	184	155	3	2.75	2.31	0.04	5.10
19:00-19:30	155	161	1	2.31	2.40	0.01	4.73
Общо по регистрация	3796	2832	74	56.6	42.3	1.1	-
Общо	6702		100			100	

Резултатите за автомобилите в посока извън град София показват, че интензивността между двата пикови периода е в границите между 3.12% и 5.39% или от 209 до 361 от всички автомобили, излизаци от град София.

Регистрираните в град София автомобили имат пик между часовете 07:30-09:30 часа и от 17:30 до 18:30 часа. Автомобилите, излизаци от столицата, с друга българска регистрация имат пик в същите часови диапазони. Моторните превозни средства с регистрации от други държави имат пик между часовете от 07:30 до 08:00 часа и от 16:00 до 17:30 часа. При излизащите от град София

автомобили със софийска регистрация се забелязва минимум в часовия диапазон 11:30 до 12:00 часа, 125 автомобили (1.87%). За разлика от минимума на автомобилите със софийска регистрация, при автомобилите с друга българска регистрация минимумът е в интервала от 14:00 до 14:30 часа, 79 автомобили (1.18%). При автомобилите с регистрация от друга държава минимумът е между 13:30 и 14:00 часа.

Резултатите, получени от изследването, показват, че транспортния поток в посока извън София на бул. „Цар Борис III“ се състои главно от автомобили със софийска регистрация – 3796 бр. (56.6%), на второ място са превозните средства с друга българска регистрация 2832 бр. (42.3%). Най-малък дял от транспортния поток в посока извън София заемат автомобилите с регистрация от чужда държава, а именно 74 бр. автомобили или 1.1% от транспортния поток.

Като обобщение на резултатите, получени от изследването на входящите и изходящите потоци на бул. „Цар Борис III“ може да се заключи, че:

1. За автомобилите със софийска регистрация сутрешния пиков период съвпада както за навлизащите в град София, така и за излизащите от град София.
2. Автомобилите с друга българска регистрация в посока София са почти два пъти повече от същите, но в посока извън град София.
3. Транспортния поток влизащ в град София е два пъти по-голям от транспортния поток излизащ от столицата.

Изследване на входящите и изходящите потоци на бул. „Цариградско шосе“

Резултатите от измерването на транспортните потоци в посока град София са представени в таблица I.2.23, а в посока извън град София в таблица I.2.24.

Резултатите показват, че извън пиковите периоди интензивност на влизащите автомобили е между 3.1% и 4.94% или между 408 и 650 от всички автомобили, влизащи в град София.

Влизащите в град София автомобили със софийска регистрация имат минимум в часовия диапазон 16:00 до 16:30 часа – 256 автомобили (1.95%). За разлика от минимума на автомобилите със софийска регистрация, при

автомобилите с друга българска регистрация минимумът е в интервала от 14:00 до 14:30 часа – 142 автомобила (1.08%). При автомобилите с регистрация от друга държава минимумът е съвпада с минимума на автомобилите със софийска регистрация.

Таблица I.2.23 Резултати от измерването на бул. „Цариградско шосе“ в посока град София

Часови интервал	СР	ДБР	ЧР	СР	ДБР	ЧР	Общо за интервала
	Брой	Брой	Брой	%	%	%	%
07:30-08:00	321	235	7	2.44	1.79	0.05	4.28
08:00-08:30	332	350	14	2.52	2.66	0.11	5.29
08:30-09:00	520	263	7	3.95	2.00	0.05	6.00
09:00-09:30	435	228	5	3.31	1.73	0.04	5.08
09:30-10:00	407	235	8	3.09	1.79	0.06	4.94
10:00-10:30	342	221	5	2.60	1.68	0.04	4.32
10:30-11:00	320	192	3	2.43	1.46	0.02	3.91
11:00-11:30	313	188	4	2.38	1.43	0.03	3.84
11:30-12:00	301	178	2	2.29	1.35	0.02	3.66
12:00-12:30	275	171	2	2.09	1.30	0.02	3.41
12:30-13:00	258	174	2	1.96	1.32	0.02	3.30
13:00-13:30	262	162	1	1.99	1.23	0.01	3.23
13:30-14:00	272	152	4	2.07	1.16	0.03	3.25
14:00-14:30	302	142	3	2.30	1.08	0.02	3.40
14:30-15:00	271	144	2	2.06	1.09	0.02	3.17
15:00-15:30	265	149	2	2.01	1.13	0.02	3.16
15:30-16:00	260	156	1	1.98	1.19	0.01	3.17
16:00-16:30	256	152	0	1.95	1.16	0.00	3.10
16:30-17:00	355	162	6	2.70	1.23	0.05	3.98
17:00-17:30	586	192	11	4.45	1.46	0.08	6.00
17:30-18:00	537	200	14	4.08	1.52	0.11	5.71
18:00-18:30	529	197	9	4.02	1.50	0.07	5.59
18:30-19:00	422	177	3	3.21	1.35	0.02	4.58
19:00-19:30	311	168	2	2.36	1.28	0.02	3.66
Общо по регистрация	8452	4588	117	64.24	34.87	0.89	-
Общо	13157			100			100

Резултатите, получени от изследването, показват, че транспортния поток в посока София на бул. „Цариградско шосе“ се състои главно от автомобили със софийска регистрация, а именно 8452 бр. (64.24%), на второ място са превозните средства с друга българска регистрация 4588 бр. (34.87%). Най-малък дял от транспортния поток в посока София заемат автомобилите с регистрация от друга държава, а именно 117 бр. автомобила или 0.89% от транспортния поток.

Таблица I.2.24 Резултати от измерването на бул. „Цариградско шосе“ в посока извън град София

Часови интервал	СР	ДБР	ЧР	СР	ДБР	ЧР	Общо за интервала
	Брой	Брой	Брой	%	%	%	%
07:30-08:00	241	87	3	2.13	0.77	0.03	2.93
08:00-08:30	532	190	3	4.71	1.68	0.03	6.41
08:30-09:00	521	195	5	4.61	1.73	0.04	6.38
09:00-09:30	483	150	7	4.27	1.33	0.06	5.66
09:30-10:00	435	135	2	3.85	1.19	0.02	5.06
10:00-10:30	322	132	4	2.85	1.17	0.04	4.05
10:30-11:00	277	120	3	2.45	1.06	0.03	3.54
11:00-11:30	266	125	4	2.35	1.11	0.04	3.49
11:30-12:00	271	129	2	2.40	1.14	0.02	3.56
12:00-12:30	255	131	5	2.26	1.16	0.04	3.46
12:30-13:00	261	133	8	2.31	1.18	0.07	3.56
13:00-13:30	221	126	6	1.96	1.11	0.05	3.12
13:30-14:00	206	130	4	1.82	1.15	0.04	3.01
14:00-14:30	216	136	4	1.91	1.20	0.04	3.15
14:30-15:00	226	141	2	2.00	1.25	0.02	3.26
15:00-15:30	221	135	3	1.96	1.19	0.03	3.18
15:30-16:00	212	140	8	1.88	1.24	0.07	3.19
16:00-16:30	242	149	4	2.14	1.32	0.04	3.49
16:30-17:00	259	175	3	2.29	1.55	0.03	3.87
17:00-17:30	330	220	13	2.92	1.95	0.12	4.98
17:30-18:00	400	210	10	3.54	1.86	0.09	5.49
18:00-18:30	378	207	7	3.34	1.83	0.06	5.24
18:30-19:00	362	200	5	3.20	1.77	0.04	5.02
19:00-19:30	355	202	5	3.14	1.79	0.04	4.97
Общо по регистрация	7492	3698	112	66	33	1	-
Общо	11302			100			100

Излизащите от град София автомобили през този изход са с интензивност между 3.01% и 5.06% или между 340 и 572 автомобила от всички автомобили, които излизат от град София.

При излизащите от град София автомобили със софийска регистрация се забелязва минимум в интервала 13:30 до 14:00 часа, 206 автомобила (1.82%). При автомобилите с друга българска регистрация минимумът е в часовия интервал от 10:30 до 11:00 часа, 120 автомобила (1.06%). При автомобилите с регистрация от чужда държава минимумът е между 10:30 и 11:00 часа, 2 автомобила (0.02%), между 11:30 и 12:00 часа, 2 автомобила (0.02%) и от 14:30 до 15:00 часа – 2 автомобила или 0.02%.

Резултатите, получени от изследването, показват, че транспортния поток в посока извън София по бул. „Цариградско шосе“ се състои главно от автомобили, управлявани от жители на столицата 7492 бр. (66%), на второ място са превозните средства с друга българска регистрация 3698 бр. (33%). Най-малък дял от транспортния поток в посока извън София заемат автомобилите с регистрация от друга държава, а именно 112 автомобила или 1% от транспортния поток.

Като обобщение на резултатите, получени от изследването на входящите и изходящите потоци на бул. „Цариградско шосе“ може да се заключи, че:

1. За автомобилите със софийска регистрация двата пикови периода съвпадат както в посока град София, така и в посока извън град София.
2. Транспортния поток на автомобилите с други български регистрации в посока София е по-голяма от същите, но в посока извън София.
3. Автомобилите с регистрационни номера от други държави, влизащи в град София съвпадат със същите, напускащи столицата.

Изследване на входящите и изходящите потоци на бул. „Ботевградско шосе“

Резултатите от измерването на транспортните потоци в посока град София са представени в таблица I.2.25, а в посока извън град София в таблица I.2.26.

Резултатите показват, че след сутрешния пик до достигане на втория пик, интензивността е между 2.46% и 5.1% или между 270 и 560 автомобила от всички автомобили, влизащи в град София.

Регистрираните в град София автомобили и тези с друга българска регистрация имат пик между часовете 07:30-09:30 часа и от 17:00 до 18:30 часа. Превозните средства с регистрации от други държави имат пиков период между часовете от 08:00 до 10:00 часа и от 17:00 до 19:00 часа.

При влизащите в град София автомобили със софийска регистрация се забелязва минимум в часовия интервал 12:00 до 12:30 часа, 203 автомобила (1.85%). При автомобилите с друга българска регистрация минимумът е в интервала от 14:00 до 14:30 часа, 41 автомобила (0.37%), а при автомобилите с

регистрация от друга държава минимумът е между 12:30 и 17:00 часа, 1 автомобил (0.03%), между 15:00 и 15:30 часа, 1 автомобил (0.03%) и между 19:00 и 19:30 часа, 1 автомобил (0.03%).

Таблица I.2.25 Резултати от измерването на бул. „Ботевградско шосе“ в посока град София

Часови интервал	СР	ДБР	ЧР	СР	ДБР	ЧР	Общо за интервала
	Брой	Брой	Брой	%	%	%	%
07:30-08:00	431	152	5	3.92	1.38	0.15	5.35
08:00-08:30	417	179	12	3.80	1.63	0.36	5.53
08:30-09:00	406	171	8	3.70	1.56	0.24	5.32
09:00-09:30	393	164	3	3.58	1.49	0.09	5.10
09:30-10:00	371	138	10	3.38	1.26	0.30	4.72
10:00-10:30	321	115	5	2.92	1.05	0.15	4.01
10:30-11:00	301	121	4	2.74	1.10	0.12	3.88
11:00-11:30	281	91	3	2.56	0.83	0.09	3.41
11:30-12:00	266	77	3	2.42	0.70	0.09	3.15
12:00-12:30	203	65	2	1.85	0.59	0.06	2.46
12:30-13:00	221	51	1	2.01	0.46	0.03	2.48
13:00-13:30	236	55	1	2.15	0.50	0.03	2.66
13:30-14:00	241	61	1	2.19	0.56	0.03	2.76
14:00-14:30	251	41	4	2.28	0.37	0.12	2.69
14:30-15:00	245	49	3	2.23	0.45	0.09	2.70
15:00-15:30	265	71	1	2.41	0.65	0.03	3.07
15:30-16:00	322	133	2	2.93	1.21	0.06	4.16
16:00-16:30	344	124	2	3.13	1.13	0.06	4.28
16:30-17:00	375	159	2	3.41	1.45	0.06	4.88
17:00-17:30	422	175	8	3.84	1.59	0.24	5.51
17:30-18:00	529	199	13	4.81	1.81	0.39	6.74
18:00-18:30	514	187	10	4.68	1.70	0.30	6.47
18:30-19:00	354	132	5	3.22	1.20	0.15	4.47
19:00-19:30	312	116	1	2.84	1.06	0.03	3.90
Общо по регистрация	8052	2826	109	73.3	25.7	1.0	-
Общо	10987			100			100

Резултатите, получени от изследването, показват, че транспортния поток в посока София на бул. „Ботевградско шосе“ се състои главно от автомобили със софийска регистрация, а именно 8052 бр. (73.3%), на второ място са моторните превозни средства с друга българска регистрация 2826 бр. (25.7%). Най-малък дял от транспортния поток в посока София заемат автомобилите с регистрация от друга държава, а именно 109 бр. автомобили или 1% от транспортния поток.

Резултатите за автомобилите в посока извън град София показват, че между сутрешния и вечерния пиков период интензивността е между 2.46% и

5.1% или между 270 и 560 автомобиля от всички автомобили, излизащи от град София.

Таблица I.2.26 Резултати от измерването на бул. „Ботевградско шосе“ в посока извън град София

Часови интервал	СР	ДБР	ЧР	СР	ДБР	ЧР	Общо за интервала
	Брой	Брой	Брой	%	%	%	%
07:30-08:00	210	80	4	3.29	1.25	0.06	4.60
08:00-08:30	264	112	6	4.13	1.75	0.09	5.98
08:30-09:00	420	70	6	6.58	1.10	0.09	7.77
09:00-09:30	407	70	6	6.37	1.10	0.09	7.56
09:30-10:00	380	60	7	5.95	0.94	0.11	7.00
10:00-10:30	175	51	5	2.74	0.80	0.08	3.62
10:30-11:00	119	42	4	1.86	0.66	0.06	2.58
11:00-11:30	92	55	4	1.44	0.86	0.06	2.36
11:30-12:00	61	43	3	0.96	0.67	0.05	1.68
12:00-12:30	77	38	5	1.21	0.60	0.08	1.88
12:30-13:00	68	27	1	1.06	0.42	0.02	1.50
13:00-13:30	78	32	2	1.22	0.50	0.03	1.75
13:30-14:00	85	37	2	1.33	0.58	0.03	1.94
14:00-14:30	99	22	4	1.55	0.34	0.06	1.96
14:30-15:00	75	31	2	1.17	0.49	0.03	1.69
15:00-15:30	106	42	7	1.66	0.66	0.11	2.43
15:30-16:00	121	58	4	1.89	0.91	0.06	2.87
16:00-16:30	231	65	3	3.62	1.02	0.05	4.68
16:30-17:00	210	77	1	3.29	1.21	0.02	4.51
17:00-17:30	398	95	11	6.23	1.49	0.17	7.89
17:30-18:00	362	113	9	5.67	1.77	0.14	7.58
18:00-18:30	356	109	8	5.57	1.71	0.13	7.41
18:30-19:00	231	85	5	3.62	1.33	0.08	5.03
19:00-19:30	178	61	6	2.79	0.96	0.09	3.84
Общо по регистрация	4803	1475	108	75.2	23.1	1.7	-
Общо	6386			100			100

При излизащите от град София автомобили със софийска регистрация се забелязва минимум в часовия диапазон 11:30 до 12:00 часа, 61 автомобиля (0.96%). За разлика от минимума на автомобилите със софийска регистрация, при автомобилите с друга българска регистрация минимумът е в интервала от 14:00 до 14:30 часа, 22 автомобиля (0.06%). При автомобилите с регистрация от друга държава минимумът е между 12:30 и 13:00 часа, 1 автомобиля (0.02%).

Резултатите, получени от изследването, показват, че транспортния поток в посока извън София на бул. „Цариградско шосе“ се състои главно от автомобили, управлявани от жители на столицата 4803 бр. (75.2%), на второ място са

моторните превозни средства с друга българска регистрация 1475 бр. (23.1%). Най-малък дял от транспортния поток в посока извън София заемат автомобилите с регистрация от друга държава, а именно 108 автомобила или 1.7% от транспортния поток.

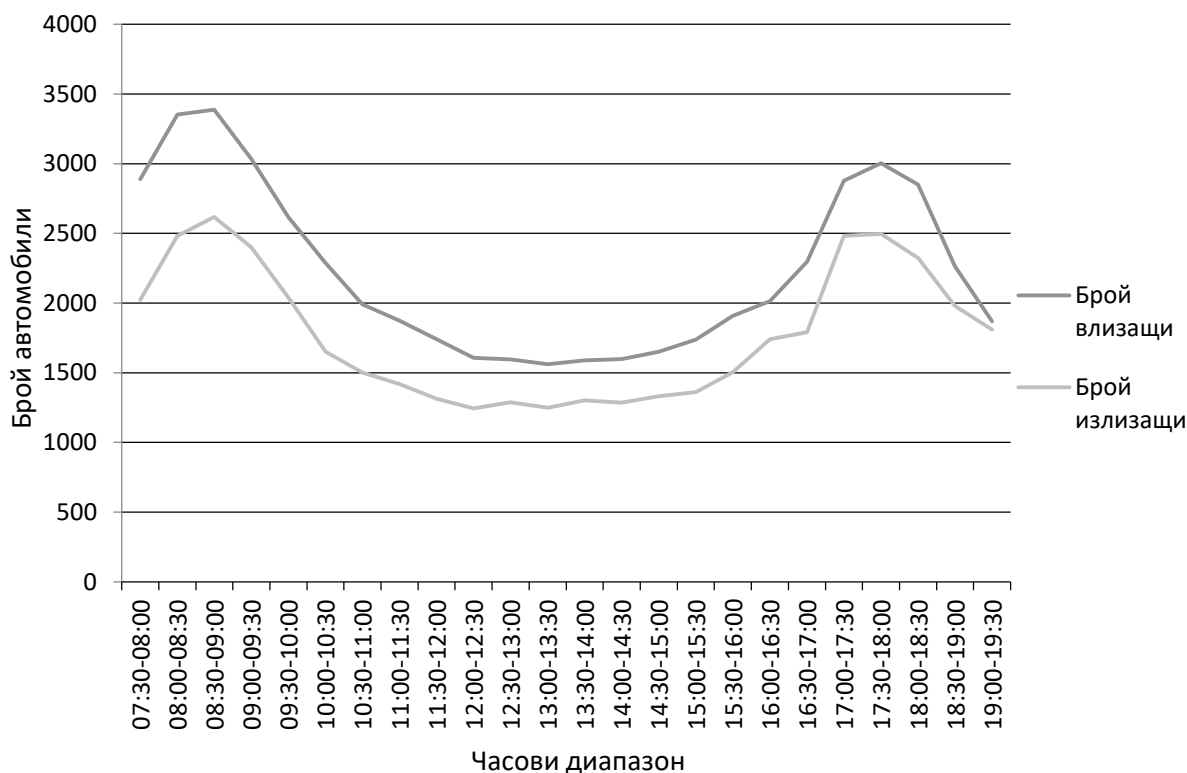
Като обобщение на резултатите, получени от изследването на входящите и изходящите потоци на бул. „Ботевградско шосе“ може да се заключи, че:

1. За автомобилите със софийска регистрация двата пикови периода съвпадат както навлизащите, така и за напускащите град София.

2. Автомобилите с други български регистрации в посока София са повече в сравнение със същите, но напускащи град София.

3. Резултатите показват, че автомобилите, регистрирани в други държави, които навлизат в столицата и тези, които я напускат имат еднаква стойност.

Анализ на проведените измервания на входовете и изходите на град София
Обобщените резултати за влизащите и излизащи автомобили в/от град София са онагледени на фигура I.2.15.



Фиг. I.2.15 Обобщени резултати от проведените изследвания за влизащите и излизащи автомобили в/от град София

Резултатите показват, че за влизащите в град София имат два пикови периода за деня. Първият пиков период се намира в сутрешната част от денонощието, а именно в часовия диапазон от 07:30 до 09:30 часа. До достигане на втория пик, изследването показва интензивност между 2.91% и 4.88% или между 1526 и 2616 автомобили от всички автомобили, която може да се приеме за константна. Вторият пик се намира между часовете 17:00 и 18:30. При влизащите в град София автомобили със софийска регистрация се забелязва минимум в часовия диапазон 12:30 до 13:00 часа, 947 автомобили (1.77%). За разлика от минимума на автомобилите със софийска регистрация, при автомобилите с друга българска регистрация минимумът е в интервала от 13:30 до 14:00 часа, 546 автомобили (1.02%). При автомобилите с регистрация от друга държава минимумът е между 13:00 и 13:30 часа, 12 автомобили (0.02%). Резултатите, получени от изследването, показват, че транспортния поток навлизащ в град София се състои главно от автомобили, управлявани от жители на столицата 34750 бр. (64.83%), на второ място са моторните превозни средства с друга българска регистрация 18615 бр. (33.92%). Най-малък дял от транспортния поток заемат автомобилите с регистрация от друга държава, а именно 686 автомобили или 1.25% от транспортния поток, при общ брой от 53600 автомобили влизащи в столицата.

Резултатите показват, че за напускащите град София, идентично с влизащите, има два пикови периода за деня. Първият пиков период се намира в сутрешната част от денонощието, а именно в часовия диапазон от 08:00 до 09:30 часа. До достигане на втория пик, изследването показва интензивност между 2.92% и 4.78% или между 1244 и 2040 автомобили, която може да се приеме за постоянна. Вторият пик се намира между часовете 17:00 и 18:30. Пиковите периоди, разделени според различните регистрации, съвпадат по часови интервали за автомобилите със софийска регистрация, за тези с друга българска регистрация и за тези с регистрации от други държави в първия и втория пиков период, а именно между часовете 07:30 и 09:30 и от 17:00 до 18:30 часа. При излизащите от град София автомобили със софийска регистрация се забелязва минимум в часовия интервал от 12:00 до 12:30 часа, 754 автомобили (1.77%). За

разлика от минимума на автомобилите със софийска регистрация, при автомобилите с друга българска регистрация минимумът е в интервала от 14:00 до 14:30 часа, 440 автомобили (1.03%). При автомобилите с регистрация от друга държава минимумът е от 14:30 до 15:00 часа, 22 автомобили (0.05%). Резултатите, получени от изследването, показват, че транспортния поток в посока извън София се състои главно от автомобили, управлявани от жители на столицата 27409 бр. (64.28%), на второ място са превозните средства с друга българска регистрация 14231 бр. (33.38%). Най-малък дял от транспортния поток заемат автомобилите с регистрация от друга държава, а именно 997 автомобили или 2.34% от общия транспортен поток, при общ брой от 42637 моторни превозни средства излизащи от град София.

Основните заключения от проведеното изследване са следните:

1. Най-натовареният вход на град София е бул. „Цариградско шосе“ с 13157 автомобили (24.55%) от общо навлизащите в столицата.

2. Най-малко натовареният вход на столицата е бул. „Сливница“ с 3367 превозни средства (6.28%) от общо влизащите в град София .

3. Най-малко натовареният изход на София е бул. „Сливница“ с 3654 автомобили (8.57%) от общо напускащите столицата.

4. Най-натоварения изход на град София е бул. „Цариградско шосе“ с 11302 превозни средства (21.08%) от общо излизащите от София.

5. Транспортния поток, навлизащ в град София, оказва влияние на трафика в столицата поради факта, че напускащите моторни превозни средства са 42637, а навлизащите автомобили са 53600, т.е. с 10963 автомобили повече.

Проведените изследвания за натоварването на паркингите на територията на град София и броя на влизащите и излизащите автомобили, съобразено с броя на регистрираните в областта автомобили, броя автомобили с друга българска и чуждестранна регистрация на територията на града показва, че по улиците на град София за периода на проведените изследвания от 07:30 до 19:30 часа, което обуславя периода с относително висока интензивност на движението през денонощието, се движат около 580 000 автомобили.

I.3 Изследване и анализ на пропускателната способност на улиците и възлите

Пропускателната способност на улиците и възлите е важен параметър на автомобилното движение. Тя показва максималното количество автомобили, което може да пропусне улицата (пътят) или даден транспортен възел за единица време (авт./ч). Пропускателната способност не е еднаква за различните участъци на улицата или пътя. В кривите и наклоните тя е по-ниска. Освен това пропускателната способност зависи до голяма степен от метеорологичните условия, видимостта, състоянието на пътя, състава на транспортните потоци, подготовката на водачите, тяхното психофизиологично състояние и други [6].

Върху пропускателната способност на уличната мрежа оказва голямо въздействие разнообразната дейност на хората в града, работата на различните предприятия и други фактори, които придават динамичния и неравномерен характер на потоците [6].

Когато се разглеждат въпросите, свързани с градското движение, най-често се различават две пропускателни способности: на улицата (пътното платно) и на кръстовището.

В зависимост от начина на изследването пропускателната способност може да се раздели на два вида – теоретична и фактическа. Първата се получава с помощта на формули или математически модели, а втората – въз основа на наблюдения.

Теоретичната пропускателна способност P_n за една лента може да се определи по формулата

$$P_n = \frac{3600V_c}{L_d}, \text{ авт./ч,} \quad (\text{I.3.1})$$

където V_c е скоростта на движение на автомобила (потока), а L_d – разстоянието (дистанцията) между предните брони на двата последователно движещи се автомобила [6]. Подобен подход предлага и авторът в [69].

Разстоянието L_d може да се определи от уравнението

$$L_d = l_c + t_1V_c + t_2V_c + (s_2 - s_1) + l_{res} \quad , \quad (\text{I.3.2})$$

където: l_c е дължината на автомобила, м;

t_1 и t_2 са времената за реакция на водача при спиране и за сработване на спирачната уредба, сек;

s_2 и s_1 – пътищата, изминати от първия и втория автомобил при тяхното ефективно спиране, м;

l_{res} е запасният интервал, м.

При пресмятанията се приема, че вторият автомобил не спира внезапно и неговият ефективен спирачен път е по-дълъг от пътя на първия [6].

Стойността на величината L_d може да се получи, като се определят последователно всички величини, които влизат в равенството.

От теорията на автомобилите е известно, че ефективният спирачен път за равен и хоризонтален участък е $s = \frac{V_c^2}{2g\varphi}$, или

$$s = \frac{V_c^2}{2g\varphi 3.6^2}, \quad (I.3.3)$$

където скоростта V_c е в м/сек. Известно е, че закъснението при спирането $j = g\varphi$, м/сек². Тогава равенството за ефективния спирачен път може да се напише така: $s = \frac{V_c^2}{2j}$, м.

При направените ограничения величината на закъснението може да се определи от общото уравнение за движение на автомобила:

$$P_\Sigma = P_f + P_j = G_c f + \frac{G_c}{g} j, \text{ N}, \quad (I.3.4)$$

където: G_c е теглото на автомобила, N;

j – отрицателното ускорение на автомобила, м/сек²;

f – коефициентът на съпротивление при търкаляне;

g – земното ускорение, м/сек². [6]

Горното уравнение може да се изрази чрез силата на сцеплението и да приеме вида

$$G_c f + \frac{G_c}{g} j = G_c \varphi \quad (I.3.5)$$

$$\text{Тогава } j = g(f + \varphi) \quad (I.3.6)$$

Спирачният път при ефективното спиране на първия автомобил ще бъде

$$s_1 = \frac{V_c^2}{2g(f+\varphi)} \quad (\text{I.3.7})$$

Същият подход се използва за определяне на спирачния път на втория автомобил, но като се вземе под внимание, че неговото спиране не е внезапно, а по желание, затова цялото тегло на автомобила няма да участва. Тогава общото уравнение за движение ще има следния вид:

$$P_\Sigma = P_f + P_j = G_c f + \frac{G_c}{g} j, \text{ N} \quad (\text{I.3.8})$$

или

$$G_c f + \frac{G_c}{g} j = G_{cb} \varphi, \quad (\text{I.3.9})$$

където G_{cb} е спирачното тегло на автомобила при спиране по желание.

Отрицателното ускорение е

$$j = g \left(f + \frac{G_{cb}}{G_c} \varphi \right) \quad (\text{I.3.10})$$

Тогава пътят за ефективното спиране на втория автомобил ще бъде

$$s_2 = \frac{V_c^2}{2g \left(f + \frac{G_{cb}}{G_c} \varphi \right)} \quad (\text{I.3.11})$$

Разликата между спирачните пътища на двата автомобила за ефективното спиране е

$$s_2 - s_1 = \frac{V_c^2}{2g} \left(\frac{1}{f + \frac{G_{cb}}{G_c} \varphi} - \frac{1}{f + \varphi} \right) \quad (\text{I.3.12})$$

Ако се приеме, че отношението $\frac{G_{cb}}{G_c} = 0.6$; $f = 0.02$; $\varphi = 0.2$, горният израз ще има следния вид:

$$s_2 - s_1 = \frac{V_c^2}{2 \cdot 9.81} \left(\frac{1}{0.02 + 0.6 + 0.2} - \frac{1}{0.02 + 0.2} \right) \quad (\text{I.3.13})$$

Теоретичната пропускателна способност за една лента от пътното платно ще бъде:

$$P_n = \frac{3600V_c}{L_d} = \frac{3600V_c}{V_c + 0.13V_c + l_c + 2}, \text{ авт./ч} \quad (\text{I.3.14})$$

В горното уравнение времето за реакция на водача t_1 и времето за сработване на спирачната уредба t_2 общо са приети за единица. При пресмятанията обикновено се приема $t_1 = 0.6 \div 0.8$ сек, а $t_2 = 0.4 \div 0.5$ сек, а запасният интервал l_{res} е приет 2 м [6].

При определяне пропускателната способност на улицата или възела някои автори изчисляват величината L_d с помощта на следната формула [6]:

$$L_d = 6.9 + 0.226V_c, \text{ м} \quad (\text{I.3.15})$$

или [20]

$$L_d = 5.5 + 0.8V_c + 0.004V_c^2 \quad (\text{I.3.16})$$

Изведената формула за пропускателната способност на лентата P_n е приложима до скорост на движение на транспортните средства 60 км/ч. Когато скоростта на движението е по-висока (над 80 км/ч), стойност 0.2 за коефициента φ не осигурява безопасно движение. Затова φ се приема 0.3 и основното уравнение придобива вида [6]:

$$P_n = \frac{3600V_c}{L_d} = \frac{3600V_c^2}{V_c + 0.10V_c + l_c + 2}, \text{ авт./ч} \quad (\text{I.3.17})$$

Установената пропускателна способност чрез пресмятане не съвпада напълно с фактическата. Обикновено фактическата пропускателна способност е по-голяма и достига до 2000 авт./ч. Това се дължи на обстоятелството, че водачите често пъти нарушават условията за безопасността на движението, като намаляват дистанцията между автомобилите. Освен това коефициентът на сцеплението при пресмятането беше приет за 0.2, а обикновено той е по-висок.

Ако процесът на спиране се извършва върху пътен участък с надлъжен наклон, това трябва да се отчете при изчисленията. Тогава разликата в спиращите пътища при ефективно спиране на двата автомобила може да се определи чрез следното уравнение:

$$s_2 - s_1 = \frac{V_c^2}{2g} \left(\frac{1}{f + \frac{Gcb}{Gc} \varphi \pm i} - \frac{1}{f + \varphi \pm i} \right) - cV_c^2, \quad (\text{I.3.18})$$

където i е надлъжният наклон на пътя, а c е константа [6].

Теоретичната пропускателна способност за магистрална улица се определя по аналогичен начин, но при отчитане на влиянието на кръстовището:

$$P_{nn} = P_n n \varepsilon \alpha = \left[\frac{3600V_c^2}{V_c + 0.10V_c + l_c + l_{res}} \right] n \varepsilon \alpha, \quad (\text{I.3.19})$$

където α е коефициент, който отчита влиянието на кръстовището.

Коефициентът α може да се определи от отношението $\alpha = \frac{T_1}{T_2}$, където T_1 е теоретичното време, което протича, когато автомобилът изминава разстоянието между две кръстовища без задръжки; T_2 е времето за изминаване на същото разстояние, но с отчитане на задръжката пред кръстовището. Пропускателната способност на скоростна автомобилна магистрала за една лента може да се определи с помощта на следната формула:

$$P_n = \frac{3600}{t} = \frac{3600}{2} = 1800, \text{ авт./ч} \quad (\text{I.3.20})$$

Тя се предлага на основа на наблюдения, според които е установено, че автомобилите, които се движат един след друг, спазват дистанция от време приблизително 2 секунди [6, 64].

В някои литературни източници са дадени и други методи за определяне на пропускателната способност на пътя, които се основават на приетия в САЩ „Фактор на пиковия час“ [93], вида на магистралните пътища (управлявани и неуправлявани) [106], процентния състав на товарните автомобили и автобусите в обема на транспортния поток [24, 64, 66, 91], времето за реакция на водача [30, 96], боря на лентите за движение [26] и други. Някои от авторите анализират пропускателната способност в зависимост от икономическите показатели на съответния регион [58]. На тяхна основа могат да се построят съответни модели, които позволяват да се получат резултати за пропускателната способност [6].

Действителната пропускателна способност според [20] се дефинира като: „Максималният брой превозни средства, които могат да преминат през даден профил от уличната мрежа в една съществуваща или проектирана лента в продължение на един час, без плътността на транспортния поток да бъде толкова голяма, че да предизвика ненужни задръжки, хазартност в движението или ограничение на водачите да маневрират при средни пътни условия, състав и характер на транспортните потоци”.

Тази дефиниция дава възможност да се определи пропускателната способност, ако са известни причините, водещи до ограничение на движението и до неговото окончателно спиране (задръстване на движението). При движение в такива условия се изследват следните техни елементи:

- средната скорост на пътуване;
- средната разлика в скоростите на пътуващите едно след друго превозни средства;
- стандартното отклонение в скоростите δ_{st} ;
- действителната скорост като процент от желаната (възможната) скорост;
- действителният брой на автомобилите, които изпреварват по-бавно движещите се превозни средства, отнесени към броя на автомобилите, които биха желали да изпреварват;
- изчисленият процент на автомобилите, които възпрепятстват (пречат) на движението, базирайки се на разпределението на интервалите по време между следващите един след друг автомобили.

Всички тези елементи за определяне на момента на насищане на транспортния поток са свързани помежду си със средната скорост и интервалите в транспортния поток. Затова най-често се търси зависимостта скорост – интензивност – пропускателна способност [20, 26, 71].

Основното уравнение на транспортния поток е

$$I_a^f = K^f V^f, \quad (I.3.21)$$

където: I_a^f е интензивността на транспортния поток, Е/ч;

K^f – плътността на транспортния поток в Е/км;

V^f – скоростта на транспортния поток, км/ч.

Максималната стойност на интензивността, т.е. пропускателната способност, се получава при определена скорост. Тази пропускателна способност е прието да се нарича теоретична пропускателна способност (P_n).

За практическото определяне на действителната пропускателна способност P_{re} е въведен коефициент за ниво на натоварване k_{ll} , който се определя по следното уравнение:

$$k_{ll} = \frac{P_{re}}{P_n} = \frac{P_{re}}{1800(2100)} \quad (I.3.22)$$

В зависимост от скоростта (действителната – V_{re} , и свободната – V_{fr}) и от нивото на натоварване (k_{ll}) на пътя за извънградски пътища действителната пропускателна способност е посочена в Таблица I.3.1 [20].

Същата таблица може да се приложи и за пътища в населените места (улиците), за участъците им между кръстовищата и възлите, когато разстоянието между тях е по-голямо от 800 м.

Таблица I.3.1 Стойности за пропускателна способност

Нива на натоварване	$k_{ll}^i = \frac{P_{re}}{1800}$	$\frac{V_{re}}{V_{fr}}$	V_{re} , км/ч	P_{re} , Е/ч	Характеристика на движението на автомобилния поток
А	0.2	1.0	80	360	Свободно движение на единичен автомобил
Б	0.2÷0.5	0.7÷0.9	70	360÷900	В потока се явяват голям брой свързани помежду си бързо движещи се автомобили
В	0.5÷0.7	0.7÷0.85	60	900÷1200	Изпреварването е затруднено. В потока все още има отделни по-големи интервали
Г	0.7÷0.9	0.4÷0.55	40	1200÷1600	Транспортният поток е непрекъснат
Д	0.9÷1.0	0.35	30÷40	1600÷1800	Липсват интервали. Движението се извършва в колона с малка скорост
Е	0÷1.0	0÷0.35	0÷30	0÷1800	Транспортният поток се движи с временни спирания

След като е приета стойността на k_{ll} , т.е. определено е нивото на натоварване на дадения път, действителната пропускателна способност за една лента на извънградски път се определя от уравнението

$$P_{re} = 1800k_{ll}, \text{ Е/ч} \quad (\text{I.3.23})$$

За градски условия (улицы в населени места) се въвеждат шест нива на натоварване, които се характеризират с коефициенти k_{ll} (Таблица I.3.2) и действителна пропускателна способност, определена от уравнението

$$P_{re} = 2100k_{ll} \quad (\text{I.3.24})$$

Таблица I.3.2 Пропускателна способност в градски условия според нивата на натоварване

Нива i	$k_{ll}^i = \frac{P_{re}}{2100}$	P_{re} , Е/ч	$\frac{V_{re}}{V_{fr}}$	V_{re} , км/ч
k_{ll}^I	0.17	360	1	60
k_{ll}^{II}	0.43	900	0.9	55
k_{ll}^{III}	0.57	1200	0.8	50
k_{ll}^{IV}	0.76	1600	0.6	35
k_{ll}^V	0.86	1800	0.3	20
k_{ll}^{VI}	1.00	2100	0÷0.3	0÷20

Пропускателната способност на дадена част от мрежата се определя в най-стеснения ѝ участък.

Според изследвания в САЩ действителната пропускателна способност за част от пътната мрежа (наричана още „поток на насищане” S) може да се определя по следна формула:

$$S = 1250n\varepsilon, \text{ E/ч} , \quad (\text{I.3.25})$$

където: n е броят ленти за движение в съответния пътен участък;

ε – коефициент на многолентност (за 1 лента $\varepsilon = 1$, за две – 0.90, за три – 0.82, за четири – 0.74).

Пътнотранспортна лаборатория в Англия определя следната формула за изчисление на действителната пропускателна способност (поток на насищане) за движение на право:

$$S = 525W, \text{ E/ч} , \quad (\text{I.3.26})$$

където W е широчина на частта от платното за движение, предназначено за транспортния поток.

Внася се уточнение, че уравнението е валидно само когато $W \geq 5.5$ метра. При $W < 5.5$ м потокът на насищане приема стойностите, представени в Таблица I.3.3, в която с B_1 е отбелязана ширината на лентата за движение.

Таблица I.3.3 Стойности за потока на насищане при $W < 5.5$ м

$B_1, \text{ м}$	3	3.3	3.6	4.2	4.8	5.1
$S, \text{ E/ч}$	1850	1875	1950	2075	2475	2700

Определянето на действителната пропускателна способност за завиващи потоци при безконфликтно движение се осъществява по следните формули:

$$S_{1l} = \frac{1800}{1 + \frac{1.525}{R}}, \text{ E/ч, при една лента за движение} \quad (\text{I.3.27})$$

и

$$S_{2l} = \frac{3600}{1 + \frac{1.525}{R}}, \text{ E/ч, при две ленти за движение} , \quad (\text{I.3.28})$$

където R е радиусът на завой, по който се движат автомобилите при завиване.

След определяне на действителната пропускателна способност (потока на насищане) е необходимо получената стойност (P_{re} или S) да се коригира съобразно наклона на пътя, лентите за смесено движение и условията на движение.

- корекция спрямо надлъжния наклон на пътя (S^*):

$$S^* = S \left(1 \pm \frac{3i}{100} \right), \text{ Е/ч}, \quad (\text{I.3.29})$$

където i е надлъжният наклон на терена, по който се движи даденият транспортен поток;

- корекция спрямо лентите за смесено движение (S^{**}):

$$S^{**} = S^* \left(\frac{100}{a+1.25b+1.75c} \right), \text{ Е/ч}, \quad (\text{I.3.30})$$

където: a е процент на движещите се направо автомобили от тази лента;

b – процент на завиващите надясно автомобили от тази лента;

c – процент на завиващите наляво автомобили от тази лента.

- корекция спрямо условията за провеждане на движението (S^{***}) – равност на пътното покритие, наличие на релси, видимост и други:

$$S^{***} = k_{tc} S^{**}, \text{ Е/ч}, \quad (\text{I.3.31})$$

където k_{tc} е коефициент със стойности от 0.8 до 1.2.

Различен подход за определяне на действителната пропускателна способност потокът на насищане) се представя и от авторите в [34] и [102], а други от своя страна обвързват изчисленията с вида на уличната мрежа в градовете [62, 86].

Експерименталното изследване на действителната пропускателна способност (потока на насищане) за светлинно регулирано кръстовище се извършва с помощта на наблюдатели. Последователността на провеждане на изследването е следната:

- наблюдателят застава на определено място от кръстовището;

- регистрират се спиращите по време на червен сигнал на стоп-линията автомобили, като се запомня последният от спрелите автомобили;

- с включването на зеления сигнал се пуска хронометър, който се спира в момента, когато последния от спрелите автомобили пресече с предната си броня стоп-линията;

- при положение, че по време на потеглянето на опашката се приближат други автомобили и по време на зеления сигнал преминат заедно с опашката, се включват и те към общия брой преминали автомобили;

- ако колоната от спрели автомобили е голяма и не може да се изтегли по време на зелен сигнал, хронометърът се спира или в края на зеления сигнал, или когато последният автомобил премине с предната си броня стоп-линията по време на жълт сигнал.

За достоверност на информацията се правят минимум 15 измервания. Резултатите от измерването се записват в специална бланка (Таблица I.3.4).

Таблица I.3.4 Бланка за изследване на пропускателна способност

№	Брой преминали автомобили (m_i)	Време за преминаване на m_i (t_i), сек
1		
2		
..		
n		

Съществува възможност за измерване на действителната пропускателна способност и в случай, че кръстовището не се регулира със светофарна уредба. При това положение се поставя регулировчик и се измерва по същия начин.

Изчисленията за действителната пропускателна способност се извършват по следната зависимост:

$$S = \frac{3600}{n} \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{t_i}, \text{ Е/ч}, \quad (\text{I.3.32})$$

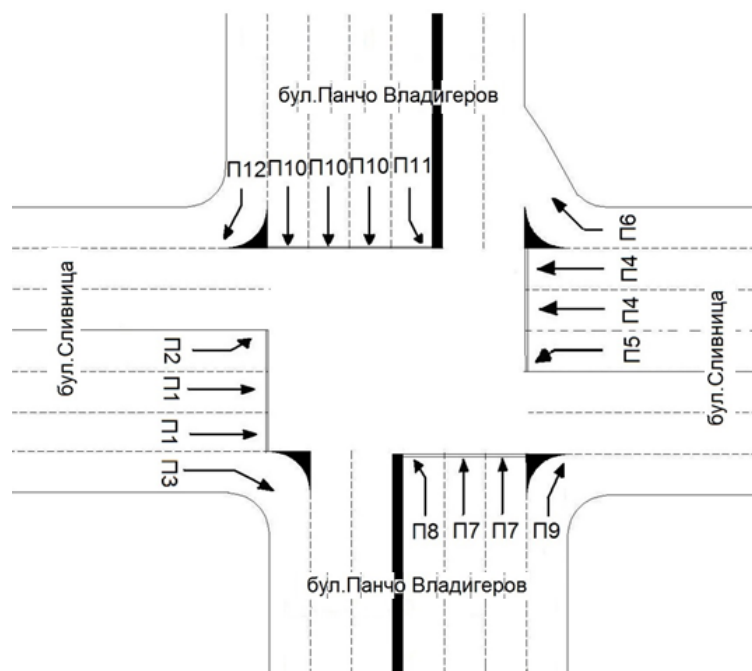
където n са брой измервания.

Измерване за действителната пропускателна способност (потока на насищане) е направено за кръстовището между ул. "Панчо Владигеров" и бул. "Сливница" в град София (Фиг. I.3.1). Извършено е през месец юли в часовия интервал между 08:00 часа и 09:00 часа. Наблюдателите застават на кръстовището на място с достатъчно добра видимост.

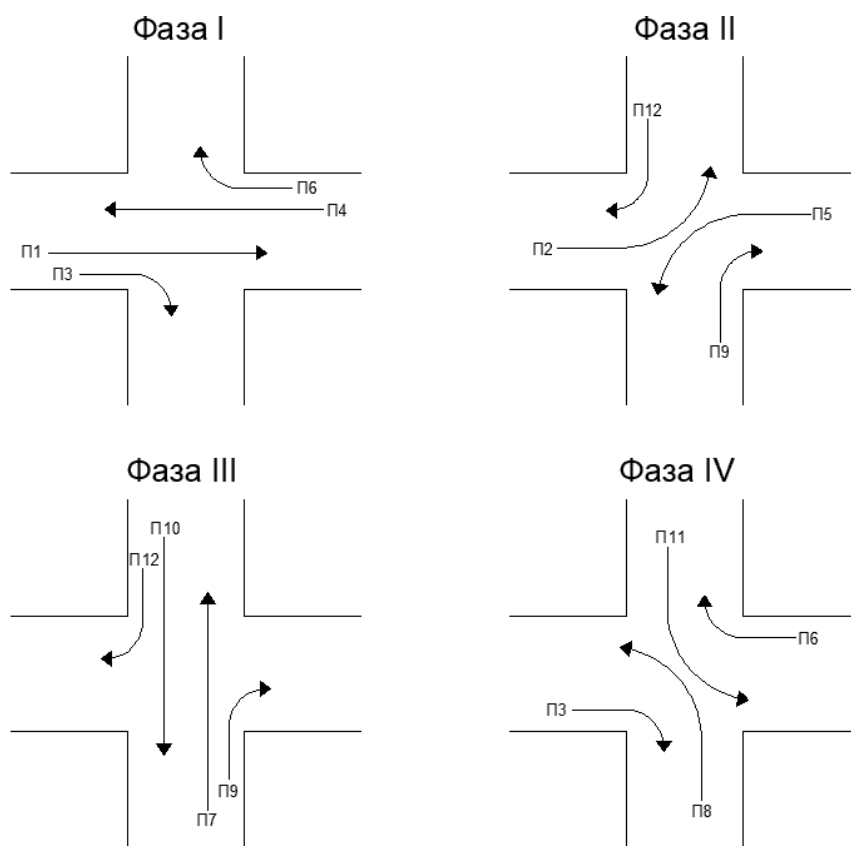
Единият наблюдател определя броя на автомобилите в опашка, които се натрупват по време на червения сигнал на светофарната уредба за съответния поток, преминалите автомобили при светване на зелен сигнал и времето за тяхното преминаване според указаната методика, а другият наблюдател записва данните в бланка, представена в Таблица I.3.4.

Определената пропускателна е съобразена с плана на фазите при пропускане на движението през кръстовището. Транспортните потоци се пропускат в четири фази, както е показано на фигура I.3.2, а именно – във фаза 1

се пропускат поток 1, поток 4 както и потоците 3 и 6; във фаза 2 се пропускат потоците 2, 5, 9 и 12; във фаза 3 се пропускат потоците 7, 9, 10 и 12 и във фаза 4 се пропускат потоците 3, 6, 8 и 10. Това налага набиране на необходимата информация за всеки от обозначените потоци.



Фиг. I.3.1 Схема на кръстовището между ул. "Панчо Владигеров" и бул. "Сливница" с означени транспортни потоци



Фиг. I.3.2 План на фазите на кръстовището между ул. "Панчо Владигеров" и бул. "Сливница"

Измерванията са показани в Таблицы I.3.5, I.3.6, I.3.7 и I.3.8. Изчисленията за действителната пропускателна способност се извършват по формула (I.3.32). Получените стойности са онагледени в таблица I.3.9.

Таблица I.3.5 Стойности за транспортен поток 1 транспортен поток 2

№	Поток 1		Поток 2	
	Брой преминали автомобили (m_i)	Време за преминаване на m_i (t_i), сек.	Брой преминали автомобили (m_i)	Време за преминаване на m_i (t_i), сек.
1	5	10	2	3
2	11	14	1	2
3	16	23	2	3
4	24	26	4	7
5	15	19	4	7
6	7	8	2	3
7	21	24	1	2
8	9	10	1	1
9	10	13	1	3
10	16	19	2	8
11	7	9	6	11
12	13	15	3	8
13	16	17	2	3
14	9	13	2	3
15	19	26	4	8

Таблица I.3.6 Стойности за транспортен поток 4 транспортен поток 5

№	Поток 4		Поток 5	
	Брой преминали автомобили (m_i)	Време за преминаване на m_i (t_i), сек.	Брой преминали автомобили (m_i)	Време за преминаване на m_i (t_i), сек.
1	12	13	1	2
2	4	8	3	5
3	10	19	5	14
4	18	19	1	2
5	4	6	1	3
6	15	15	2	6
7	11	13	4	9
8	3	5	1	2
9	14	17	1	1
10	15	18	1	2
11	10	14	0	0
12	18	21	4	7
13	8	11	0	0
14	3	5	0	0
15	17	21	1	2

Прави впечатление, че най-високи стойности се постигат за потоците с директни направления, които са с приблизително еднакви стойности около 0.8 авт./сек. или 2880 авт./ч.

Таблица I.3.7 Стойности за транспортен поток 7 транспортен поток 8

№	Поток 7		Поток 8	
	Брой преминали автомобили (m_i)	Време за преминаване на m_i (t_i), сек.	Брой преминали автомобили (m_i)	Време за преминаване на m_i (t_i), сек.
1	6	10	5	15
2	8	9	9	15
3	4	6	9	13
4	5	6	8	16
5	4	5	9	16
6	4	6	8	14
7	15	16	9	16
8	1	3	10	16
9	14	13	11	16
10	3	5	5	8
11	8	9	8	15
12	13	12	7	15
13	16	16	6	13
14	15	18	8	14
15	13	15	6	11

Таблица I.3.8 Стойности за транспортен поток 10 транспортен поток 11

№	Поток 10		Поток 11	
	Брой преминали автомобили (m_i)	Време за преминаване на m_i (t_i), сек.	Брой преминали автомобили (m_i)	Време за преминаване на m_i (t_i), сек.
1	6	8	1	3
2	6	12	6	20
3	6	6	1	2
4	8	13	6	17
5	8	8	7	14
6	9	10	2	5
7	11	13	2	5
8	5	8	6	14
9	10	12	3	6
10	9	13	6	18
11	4	5	6	14
12	7	10	6	15
13	6	8	4	8
14	9	10	6	13
15	11	14	5	19

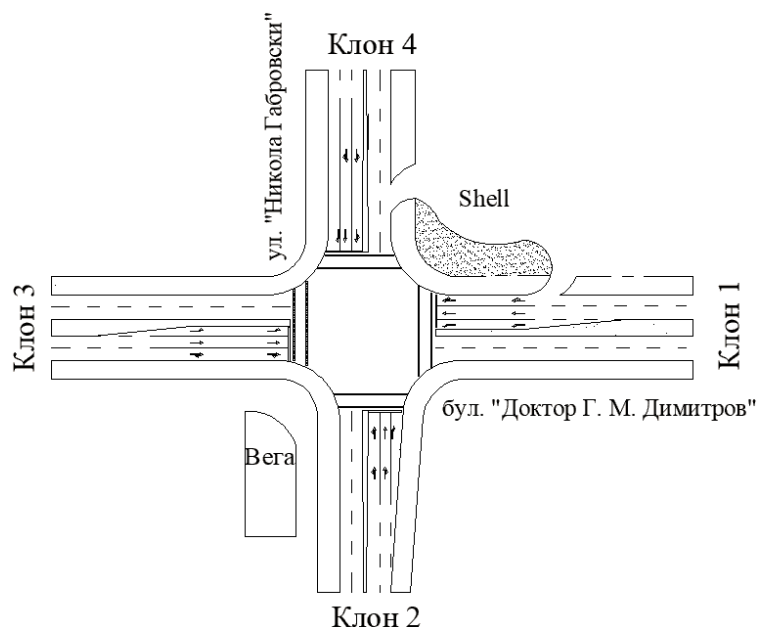
Анализа на стойностите за лявоавиващите потоци показва, че поток 2 и поток 8 са с приблизително еднакви стойности за пропускателна способност, а останалите два потока са около 20% по-ниски стойности.

Таблица I.3.9 Стойности за пропускателната способност по потоци на кръстовището между ул. "Панчо Владигеров" и бул. "Сливница"

Поток №	Поток на насищане S , авт./сек.
1	0.80
2	0.57
4	0.76
5	0.41
7	0.81
8	0.56
10	0.78
11	0.41

Данните за дяснозавиващите потоци не са представени като част от изследването, което е породено от факта, че по време на измерванията, в нито един от случаите не се отчетоха спрели автомобили в опашка по време на забраняващ преминаването сигнал на светофарната уредба. Това може да се обясни със стойностите на интензивността на тези транспортни потоци и това, че се пропускат в продължение на две последователни фази.

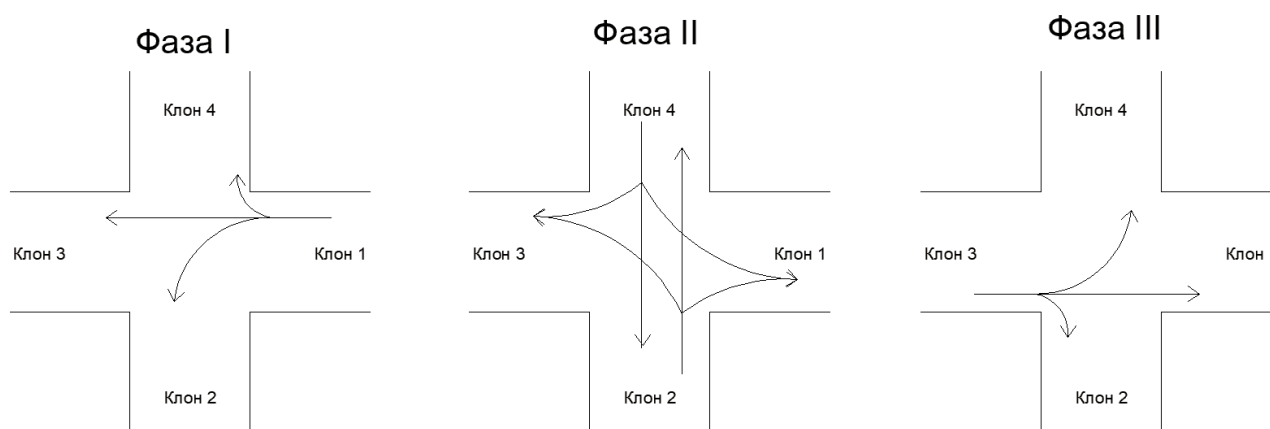
Подобно измерване е направено и на друго възлово кръстовище в град София. То се намира между ул. „Никола Габровски“ и бул. „Доктор Г. М. Димитров“. Конфигурацията на кръстовището е показана на фигура I.3.3.



Фиг. I.3.3 Схема на кръстовището между ул. "Никола Габровски" и бул. "Доктор Г. М. Димитров"

Изследването е направено съобразно плана на фазите за пропускане на транспортните потоци през кръстовището. Движението се пропуска в три фази като в първа фаза се пропускат потоците от клон 3; във втора фаза се пропускат

едновременно потоците от клон 2 и клон 4 и във трета фаза потоците от клон 1, както е показано на фигура I.3.4. Това определи данните за пропускателната способност да включват измервания за отделните клонове на кръстовището. Резултатите от измерванията са онагледени в таблица I.3.10 и таблица I.3.11.



Фиг. I.3.4 План на фазите на кръстовището между ул. "Никола Габровски" и бул. "Доктор Г. М. Димитров"

Таблица I.3.10 Стойности за клон 1 и клон 2

№	Клон 1		Клон 2	
	Брой преминали автомобили (m_i)	Време за преминаване на m_i (t_i), сек.	Брой преминали автомобили (m_i)	Време за преминаване на m_i (t_i), сек.
1	39	40	27	30
2	51	38	27	40
3	48	38	51	55
4	51	38	30	33
5	49	37	27	32
6	49	36	31	32
7	50	37	32	35
8	48	39	22	25
9	46	37	26	30
10	45	36	19	20
11	49	36	30	31
12	52	37	28	27
13	48	36	23	24
14	49	37	20	24
15	47	36	24	23
16	49	36	26	23
17	50	36	16	20
18	52	36	12	11
19	39	37	20	22
20	42	37	16	15

Таблица I.3.11 Стойности за клон 3 и клон 4

№	Клон 3		Клон 4	
	Брой преминали автомобили (m_i)	Време за преминаване на m_i (t_i), сек.	Брой преминали автомобили (m_i)	Време за преминаване на m_i (t_i), сек.
1	29	27	17	19
2	28	23	17	20
3	23	19	20	24
4	22	18	12	14
5	15	12	15	16
6	11	10	18	22
7	20	18	19	24
8	26	21	21	30
9	11	10	11	12
10	16	16	11	20
11	19	15	21	20
12	29	22	20	22
13	17	13	6	10
14	3	4	14	15
15	18	15	12	17
16	7	6	17	20
17	6	4	24	26
18	15	13	14	18
19	14	12	24	30
20	8	6	14	18

Обобщените резултати за действителната пропускателната способност (потока на насищане) за отделните клонове са определени по формула (I.3.32) и са показани в таблица I.3.12. При изчисленията е отчетен и състава на транспортните потоци, тъй като това е възлово кръстовище, през което преминават множество автобусни линии на масовия градски пътнически транспорт в столицата.

Таблица I.3.12 Стойности за пропускателната способност по клонове на кръстовището между ул. "Никола Габровски" и бул. "Доктор Г. М. Димитров"

Клон №	Поток на насищане S , Е/сек.
1	1.29
2	0.93
3	1.18
4	0.82

Вижда се, че клон 1 е с около 10% по-голяма пропускателна способност от клон 3, които се намират на бул. „Доктор Г. М. Димитров“. Същото явление се наблюдава и при клоновете по ул. „Никола Габровски“, което си има обяснение с наклона при изкачване, който трябва да преодолеят превозните

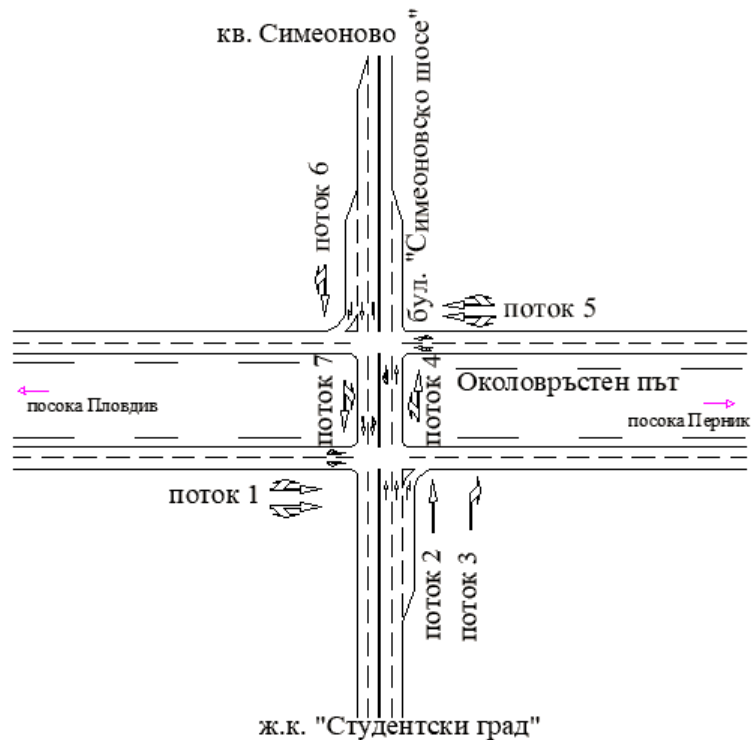
средства от клон 4. За клон 1 и клон 3 липсват всякакви допълнителни обстоятелства, които да обяснят разликата в потока на насищане.

Представената методика успешно се прилага при провеждане на лабораторните упражнения на студентите от специалност „Технология и управление на транспорта“ [9].

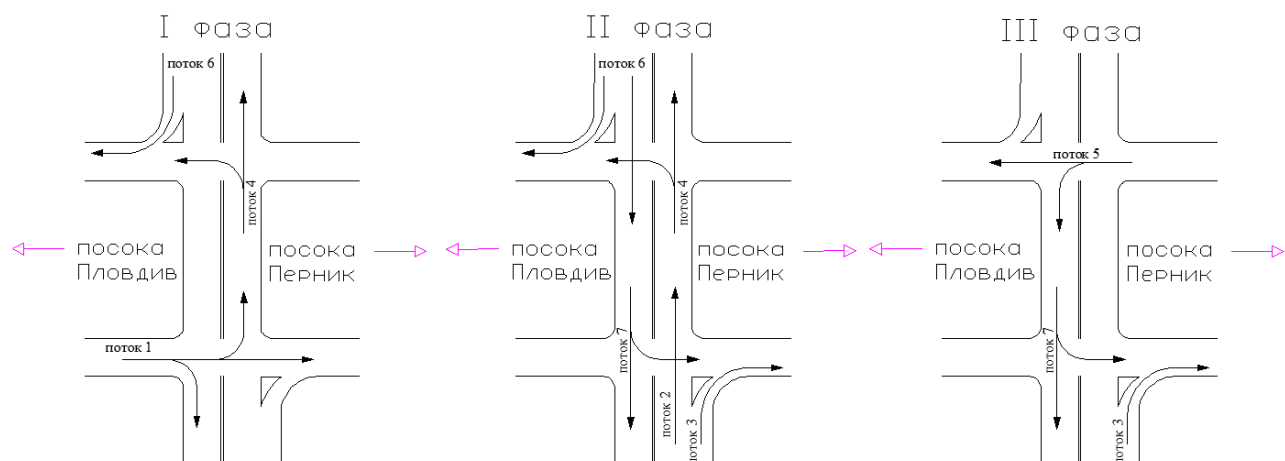
Анализът на стойностите за потока на насищане на двете представени кръстовища дава основание за подобряване на описаната методика за измерването на действителната пропускателна способност на светлинно регулирани кръстовища. Подобряването е свързано с намаляване на минималния брой измерванията за постигане на необходимите резултати.

Обосновката за това се доказва чрез извършване на изчисления и сравняване на резултатите в два варианта – на всеки 10 и на всеки 5 броя измервания при запазване на първоначалния брой измервания. Видя се, че разликите в получените стойности и за двете кръстовища в началния и двата тествани варианта в редки случаи надвишава 5%, което дава основание за вземане на решение за препоръка относно минималния брой измервания необходим за определяне на действителната пропускателна способност (потока на насищане) да бъде напален на пет, а не както досега да бъде 15. Подобно решение ще подобри оперативността при регулиране на движението със светлинни сигнали особено при прилагане на методи и средства за внедряване на системи за реално управление на движението.

С представената препоръка е направено измерване за определяне потока на насищане на още едно възлово кръстовище в град София. То е оформено между бул. „Симеоновско шосе“ и ул. „Околовръстен път“, която в тази отсечка е част от републиканската пътна мрежа съставна на път Е-79 и Е-871. Това е една от причините кръстовището да бъде изградено на две нива с непрекъснато движение на автомобилите по ул. „Околовръстен път“. Схема на кръстовището е показана на фигура I.3.5, на която е означено и номерирането на транспортните потоци. То е съобразено с плана на фазите на кръстовището, което на първо ниво регулира преминаването през него със светлинна сигнализация в три фази на пропускане на движението (Фиг. I.3.6).



Фиг. I.3.5 Схема на кръстовището между ул. "Околовръстен път" и бул. "Симеоновско шосе"



Фиг. I.3.6 План на фазите на кръстовището между ул. "Околовръстен път" и бул. "Симеоновско шосе"

Резултатите от проведеното изследване по описаната методика със спазване на препоръката за минималния брой на измерванията са онагледени в таблица I.3.13, таблица I.3.14, таблица I.3.15 и таблица I.3.16.

Таблица I.3.13 Стойности за поток 1 и поток 2

№	Поток 1		Поток 2	
	Брой преминали автомобили (m_i)	Време за преминаване на m_i (t_i), сек.	Брой преминали автомобили (m_i)	Време за преминаване на m_i (t_i), сек.
1	4	5	6	7
2	5	7	5	9
3	3	5	3	4
4	3	4	6	9
5	11	20	6	8

Таблица I.3.14 Стойности за поток 3 и поток 4

№	Поток 3		Поток 4	
	Брой преминали автомобили (m_i)	Време за преминаване на m_i (t_i), сек.	Брой преминали автомобили (m_i)	Време за преминаване на m_i (t_i), сек.
1	2	5	4	9
2	16	32	2	4
3	21	43	2	4
4	3	7	3	9
5	14	31	2	4

Таблица I.3.15 Стойности за поток 5 и поток 6

№	Поток 5		Поток 6	
	Брой преминали автомобили (m_i)	Време за преминаване на m_i (t_i), сек.	Брой преминали автомобили (m_i)	Време за преминаване на m_i (t_i), сек.
1	30	30	23	22
2	32	30	24	22
3	24	30	21	22
4	27	30	24	22
5	25	30	25	22

Таблица I.3.16 Стойности за поток 7

№	Поток 7	
	Брой преминали автомобили (m_i)	Време за преминаване на m_i (t_i), сек.
1	4	4
2	2	3
3	1	4
4	4	3
5	4	6

Стойностите за фактичката пропускателна способност (потока на насищане) са определени по формула (I.3.32) за всеки от транспортните потоци и са онагледени в таблица I.3.17.

Таблица I.3.17 Стойности за пропускателната способност по потоци на кръстовището между ул. "Околовръстен път" и бул. "Симеоновско шосе"

Поток №	Поток на насищане S , авт./сек.
1	0.68
2	0.72
3	0.45
4	0.46
5	0.83
6	1.06
7	0.78

Анализът на резултатите показва, че потокът с най-висока пропускателна способност е поток 6, следван от поток 5 и от поток 7. Влияние върху това със

сигурност оказва наклонът при спускане, който автомобилите от тези потоци могат да използват. На противоположната страна са условията на движение за останалите потоци, които на свой ред има да преодоляват същия наклон при изкачване. Най-ниска стойност на потока на насищане е определена за поток 3, който освен преодоляването на този наклон извършва завиването по крива с радиус по-малък от 7 метра.

Различен подход за анализ и подобряване на пропускателната способност на реално кръстовище в градски условия е осъществена в рамките на договор № 102НИ172-5, финансиран от Вътрешния конкурс на ТУ – София.

Много добро представяне на известните в практиката подходи за валидация е дадено в [13] и [28]. Един от методите, посочван като надежден, е методът на сравнението с работата на реална система. Именно този метод беше избран за валидиране на работата на разработения модел.

При избора на реално кръстовище, което да бъде използвано за валидация на модела, бяха приложени няколко препоръчителни изборни критерии. При прегледа на наличните кръстовища беше избрано това на бул. „Доктор Г. М. Димитров“ и ул. „Никола Габровски“ (Фиг. 1.3.3) като кръстовище, отговарящо най-близо до дефинираните условия.

С помощта на апаратурата, закупена в рамките на проекта, беше заснето преминаването на превозни средства (ПС) в продължение на един час за конкретен ден и месец от 2011 година. Изборът на продължителността на заснемането е базиран на практиката за определяне на интензивността на трафика в зависимост от конкретния час на деня. Избраният час бе 09:00-10:00 часа, който е интервал от време с натоварен трафик.

Заснетият материал в последствие беше обработен на закупените в рамките на проекта стендове. Получени са необходимите ни резултати от обработката на данни за интервала на преминаване на ПС през кръстовището – основните статистически резултати, както и честотната таблица на интервалите на навлизане на ПС в кръстовището – функцията на плътността на разпределение и кумулативната функция на разпределение на разглежданите интервали. С

допълнителен програмен модул, разработен и внедрен в стенда, бяха извлечени и статистическите данни за броя ПС, преминали през кръстовището за всеки цикъл на зелен сигнал.

Основният критерий за сравнение, предвид изискванията на проекта, е броят ПС, преминали през кръстовището. Постигането на максимален брой преминали ПС в крайна сметка е и целта на повишаване на пропускателната способност на кръстовището. По тази причина, за критерий за валидация на модела беше избран броят ПС, навлезли (съответно преминали) през кръстовището.

Проведени бяха 30 проигравания на модела с така получените стойности за системните параметри. Нужната големина на извадката, за да се твърди с 95% сигурност, че средната стойност ще е в интервал с отклонение ± 1 автомобил, беше изчислена на 31. При този резултат броят на проиграванията беше приет за достатъчен. Резултатите по отношение на критерия за сравнение са показани в таблица I.3.18.

Таблица I.3.18 Резултати по отношение на критерия за сравнение

Сравнителен параметър	Данни от кръстовището	Данни от модела
Средна стойност	9.03	9.6
Стандартно отклонение	3.05	2.82

От сравнението на данните между реалната система и модела, показани в таблица I.3.18 се стигна до извода, че моделът работи с достатъчна точност и се приема за валидиран.

При избора на кръстовище с цел неговия анализ и подобряване на пропускателната му способност бяха използвани следните критерии:

- Конфигурацията на кръстовището да е максимално близка до типовите кръстовища, дефинирани в рамките на разработките на проекта [2].
- Кръстовището да е в оживено място, създаващо затруднения на движението в натоварени часове.

Предвид на цитираните критерии беше избрано кръстовището на бул. „Андрей Сахаров“ и ул. „Йерусалим“.

Сателитна снимка на избраното кръстовище, извлечена от Internet

приложението Google Maps, е показана на фигура I.3.7. По своята геометрична конфигурация то максимално се доближава до кръстовище тип 3 – „Т“ образно кръстовище.



Фиг. I.3.7 Сателитна снимка на кръстовището между бул. „Андрей Сахаров“ и ул. „Йерусалим“

За целите на по-нататъшният анализ бяха дефинирани условни обозначения на всяко едно от направленията на кръстовището, описани в таблица I.3.19 и показани на фигура I.3.8.



Фиг. I.3.8 Обозначение на направленията на кръстовището между бул. „Андрей Сахаров“ и ул. „Йерусалим“

От анализа на натоварването на трите направления на кръстовището се установи, че направление JER е най-натоварено, докато направление ASR е най-ненатоварено. При съществуващата циклограма на светофара по направление JER на зелен сигнал преминават средно 7.7, а максималният брой ПС, които могат да преминат, предвид стохастичното поведение на процеса на

преминаване, е близо 8. С други думи резерви в циклограмата тук практически няма. При направлението ASR максималният брой ПС, които могат да преминат, е 5.5. а реално преминаващите – малко над 4.

Таблица I.3.19 Описание на обозначените направления

Направление	Описание
JER	В това направление има две ленти за движение. Дясната лента е със светофарна секция за завой надясно, а лявата лента - с отделна светофарна секция за завой наляво.
ASL	В това направление има две ленти за движение. Дясната лента е със светофарна секция за движение направо, а лявата лента - с отделна светофарна секция за завой наляво.
ASR	В това направление има две ленти за движение. Дясната лента е със светофарна секция за завой надясно, а лявата лента -с отделна светофарна секция за движение направо.

Получените резултати дефинират резерв от близо 1.5 ПС по направление ASR. Следователно възможно е да се намали продължителността на зеления сигнал в направление ASR, което намаление да се прехвърли като увеличение на продължителността на зеления сигнал в направление JER.

Разработени и проиграни бяха три сценария, в които продължителността на зеления сигнал в направление ASR беше намалявана по метода на последователните приближения. Резултатите показаха, че пропускателната способност на направление ASR няма да се наруши до намаляване на продължителността на зеления сигнал от 20 секунди на 14 секунди. Това води до резерв от 6 секунди, които могат да се прехвърлят на натовареното направление JER, което ще доведе до повишаване на броя преминали превозни средства. Резултатите от разработената методика са показани в таблица I.3.20.

Таблица I.3.20 Резултати от разработената методика

Направление	Текущо състояние (среден брой ПС)	Ново състояние (среден брой ПС)
ASR	5.5	5.4
JER	7.7	9.44

Приложението на получените резултати повишава пропускателната способност на направление от средно 7.7 ПС на средно 9.44 ПС за продължителността на зеления сигнал на направлението. Това прави средно 1.74 ПС повече за зелен сигнал или общо 81.35 ПС повече за наблюдавания час. Освен това независимо от намаляване на продължителността на зеления сигнал по

направление ASR пропускателната му способност не е намалена и като краен резултат имаме подобрена пропускателна способност на кръстовището като цяло.

Резултатите са представени в брой 3 от 2011 година на списание „Автоматика и информатика“ [3].

II. Разработване на алгоритми и методики за оразмеряване на светофарни уредби при различни транспортни условия.

Оптимизирането на пътното движение в градовете в съвременните условия на неговото провеждане в съвкупност с напредъка на комуникационните и информационни технологии поставя на преден план използването на модели на пътнотранспортното движение. Част от тях са доказали ефективността си и тяхната фундаменталност в годините, като т. нар. LWR (Lighthill - Whitham - Richards) модел [60, 79], който продължава да бъде изучаван с необходимата прецизност [46]. Други се създават за конкретни ситуации и условия на движение [54, 76] с претенции за универсалност. При всички случаи създадените модели биват използвани за подобряване протичането на движението и облекчаване на проблемите с увеличаващият се брой автомобили в градовете.

В последните години особено значение придобиват разработените микросимулационни продукти за моделиране, които използват създадените математически модели. Чрез тяхното вграждане в подобни продукти се постига улесняване на работата на специалистите в областта на организацията и регулирането на движението, което се доказва с увеличената използваемост в структурите отговорни за движението и за научни цели [43, 70, 88].

Основна цел при оптимизиране на пътното движение в градски условия е намаляването на негативните последици от увеличеният брой превозни средства, продиктувано от разрастването на градовете. Основно при това се явява осъществяване на действия, които имат за цел намаляване на времето за пътуване, което се постига предимно с намаляване на времената за чакане на пътуващите при преминаването им през кръстовищата по протежение на техните маршрути. В това отношение съществуват множество разработки представени от различни специалисти [13, 35] и други.

В настоящият труд ще бъдат представени алгоритми и методики за оптимизиране на провеждането на пътнотранспортното движение през светлинно регулирани участъци от пътната мрежа в градовете, които са дело на автора на монографичния труд и се основават на подхода за намаляване на

времената за чакане при различни транспортни условия. Разработените алгоритми и методики включват:

- Алгоритъм за оптимизиране времената на фазите при промяна на продължителността на цикъла на светофарна уредба на кръстовище;
- Алгоритъм за изчисляване на времето за цикъл на светофарна уредба на кръстовище;
- Алгоритъм за определяне вида на преминаване на пешеходци през платното за движение при определени транспортни условия.

Възможните приложения на представените алгоритми, осъществени в конкретни разработки за възлови места в гр. София са подробно разяснени в продължение на доказателствата за приложния характер на настоящия монографичен труд. Представени са разработки за:

- Пресичането на бул. "Александър Стамболийски" и ул. "Опълченска" в гр. София;
- Кръстовище на бул. „Св. Климент Охридски” и бул. „Андрей Ляпчев” – гр. София;
- Пешеходна пътека на бул. „Сливница“ и ул. „Баба“ в гр. София.

II.1 Разработване на алгоритми за оразмеряване на светофарни уредби за транспортни и пешеходни потоци при различни транспортни условия

II.1.1 Алгоритъм за оптимизиране времената на фазите при промяна на продължителността на цикъла на светофарна уредба на кръстовище

Оразмеряването на сигнални съоръжения почива върху целесъобразното разделяне на наличното зелено време за отделните фази.

От многобройните методи най-много се използват: глобалният, методът "потребност от време", методът "време за чакане" и методът НСМ.

При глобалния метод зеленото време се разпределя пропорционално на натоварването на отделните подходи (входните части на отделните клонове).

При метода "потребност от време" за всяка фаза от цикъла съответно за всеки транспортен поток се определя зеленото време, необходимо за

преминаване през конфликтните места. Предварително избраните цикли се проверяват и съответно пригаждат. Ако се налага едно пригаждане, се определят нови времена. За целта се използва метода “време на чакане” [18].

Ситуациите, при които параметрите на пътнотранспортното движение се променят значително при това за продължителен период от време засягащ няколко месеца са често срещани в големите градове. При настъпването им е необходимо да се търси подход за решаване на проблемите, създавани особено от прекомерното намаляване или увеличаване на стойностите за интензивността на транспортните потоци.

В много от големите градове, при твърд режим на работа на някои светофарни уредби, е предвиден цикъл за пропускане на големи транспортни потоци. През летния период от годината тази голяма продължителност на светофарния цикъл задържа необосновано малкият брой автомобили пристигащи на кръстовището.

За решаване тези проблеми е разработен алгоритъм за оптимизиране на времената на фазите при промяна продължителността на цикъла на светофарната уредба, която в тези случаи изисква да бъде намалена.

При разработване на алгоритъма се спазват следните ограничителни условия:

- минимална продължителност на времето за зелен сигнал (t_{gmin} , сек.);
- запазване на продължителността на междинните времена;
- запазване на броя и вида на фазите на светофарната уредба.
- минимална продължителност на цикъла на светофарната уредба (t_{cmin} , сек.);
- запазване на съотношенията на сигналите към съответните потоци.

Необходимите входни данни за алгоритмите са:

- интензивност на пристигане на автомобилите към съответния клон на кръстовището (I_a , авт./сек.);
- интензивност на преминаване на автомобилите от съответни поток (I_p , авт./сек.);

- налично време на промяна, което е разликата в стойностите на времето за цикъл и сумата междинните времена (t_{av} , сек.) [13];
- минимална стойност на налично време за промяна (t_{avmin} , сек.).

Методът се представя за кръстовище с четири входящи транспортни потока. За всеки от потоците се измерват интензивност на пристигане на автомобилите (I_a , авт./сек.) и интензивност на преминаване на автомобилите през кръстовището (I_p , авт./сек.) при съществуваща или начална стойност за продължителност на зеления сигнал $-t_g$, сек.

Извършват се пресмятания за определяне на оптималната продължителност на цикъла на светофарната уредба през летния период от годината. Един от основните параметри при това пресмятане, е интензивността на пристигане и преминаване за цикъл, като се приема, че автомобилите пристигат и преминават равномерно с интензивността на пристигане. Тя се определя за всеки един от потоците по формулата:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n A_Q + \sum_{i=1}^n A_p}{n * t_c}, \text{ авт./сек.} \quad (\text{II.1.1})$$

където I е средна интензивност на пристигане за цикъл, авт./сек.;

n - брой измервания;

A_Q - брой автомобили, чакащи на червен сигнал;

A_p - брой автомобили, преминаващи на зелен сигнал;

t_c - време за един цикъл, сек.

От началната голяма стойност на продължителността на цикъла се намалява последователно с определена стъпка, като за всяка стойност на цикъла се определя сумарното време за чакане на кръстовището. За това пресмятане се определя времето за чакане за всеки от потоците. Броя на чакащите автомобили по време на червен сигнал на светофара, които са пряко свързани с интензивността на пристигане на автомобилите, се умножават със средното време на чакане на един автомобил (II.1.2).

$$T_w = \frac{t_r * A_Q}{2}, \text{ сек.} \quad (\text{II.1.2})$$

където T_w е време за чакане на автомобилите на червен сигнал, сек.;

t_r - време за червен сигнал, сек.;

A_Q – брой автомобили, чакащи на червен сигнал.

За оптимална продължителност на цикъла на светофарната уредба се приема тази, при която сумарното време за чакане на кръстовището е минимално.

След определяне на оптималната стойност на времето за цикъл на светофарната уредба се определят продължителностите на отделните фази за кръстовището. От начална стойност, с определена стъпка, се променят времената за зелен и червен сигнал. При всяка промяна се изчислява сумарното време за чакане на кръстовището според (II.1.1) и (II.1.2). Приема се отношение на зелените и червените сигнали, при което времето за чакане на кръстовището е минимално.

Алгоритъмът е представен на научна конференция с международно участие по авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии Бул Транс-2009 [10].

II.1.2 Алгоритъм за изчисляване на времето за цикъл на светофарна уредба на кръстовище

Светофарите служат за регулиране на движението при преминаването му през кръстовища, при които конфликтните зони между отделните транспортни потоци не са разделени пространствено. Прилагат се с цел повишаване на безопасността и пропускателната способност. Основен недостатък на регулирането със светлинни сигнали е наличие на времена за чакане на всички потоци, които пресичат кръстовището [18]. Регулиране на пътнотранспортното движение със светофарна уредба изисква изпълнението на определени условия, като основно влияние върху решението да се използва светофарна уредба, за регулиране на движението, оказва интензивността на транспортните потоци, преминаващи през кръстовището.

За да се установи необходимостта от използване на светлинни сигнали за регулиране на движението, се прави анализ, чрез който се сравняват икономическите показатели при провеждане на движението през определено място от пътя, със или без регулиране със светлинни сигнали.

Използването на светлинни сигнали за регулиране движението на ППС и на пешеходци е целесъобразно, когато е налице поне едно от следните условия [12]:

1. На кръстовище – когато интензивността на преминаващите пътни превозни средства, измерена в приведени единици на час (Е/ч) в продължение на 8 часа от денонощието, е не по-малка от следните стойности, посочени в Таблица П.1.1.

Таблица П.1.1 Минимални стойности на интензивността

Брой на пътните ленти за движение в една посока по:		Интензивност на движението в двете посоки по път с по-голяма интензивност на движение	Интензивност на движението по напречен път за посоката на движение с по-голяма интензивност
път с по-голяма интензивност на движението	напречен път	приведени единици в час (Е/ч)	приведени единици в час (Е/ч)
1	1	750	75
		670	100
		580	125
		500	150
		410	175
		380	190
2 и повече	1	900	75
		800	100
		700	125
		600	150
		500	175
		400	200
2 и повече	2 и повече	900	100
		825	125
		750	150
		675	175
		600	200
		525	225
		480	240

2. На пешеходна пътека – когато интензивността на пешеходния поток в по-натоварената от двете посоки е по-голяма от 150 пешеходци/час и интензивността на движение на ППС, пресичащи пешеходната пътека в продължение на 8 часа от денонощието в двете посоки, е по-голяма от:

а) 1000 Е/ч – на платно за движение със средна разделителна ивица или остров върху платното за движение с ширина не по-малка от 1.20 м;

б) 600 Е/ч – на платно за движение без средна разделителна ивица или остров върху платното за движение или наличие на такива с широчина по-малка от 1.20 м.

3. На велосипедна пътека – когато интензивността на велосипедното движение по пътеката в по-натоварената от двете посоки е по-голяма от 50 велосипедисти за час и интензивността на движение на ППС, пресичащи велосипедната пътека в продължение на 8 часа от денонощието в двете посоки, е по-голяма от:

а) 1000 Е/ч – на платно за движение със средна разделителна ивица или остров върху платното за движение с широчина не по-малка от 1.20 м;

б) 600 Е/ч – на платно за движение без средна разделителна ивица или остров върху платното за движение или наличие на такива с широчина по-малка от 1.20 м.

4. Нито едно от условията по т. 1, 2 и 3 не е изпълнено изцяло, но две от тях са изпълнени поотделно с повече от 80 на сто.

5. През последните 12 месеца на разглежданото място са регистрирани три или повече от три пътнотранспортни произшествия, които биха могли да бъдат предотвратени при регулиране на движението със светлинни сигнали.

6. В разглежданото място се провежда трамвайно или тролейбусно движение с интензивност, както следва:

а) повече от 40 композиции/час общо за двете направления – за трамвайното движение;

б) повече от 60 тролейбуса/час общо за двете направления – за тролейбусното движение.

За поставяне на светофар в населено място с по-малко от 10 000 жители е достатъчно да са изпълнени 70 на сто от условията по т. 1, 2, 3 и 5 [12].

Основен въпрос при регулирането на движението със светофари е определянето на оптимална продължителността на цикъла на светофарната уредба при съществуващите условия на движение. За постигане на минимални стойности на задръжките на автомобилите е необходимо това да се извършва след определяне на периодите от денонощието, в които може да се организира

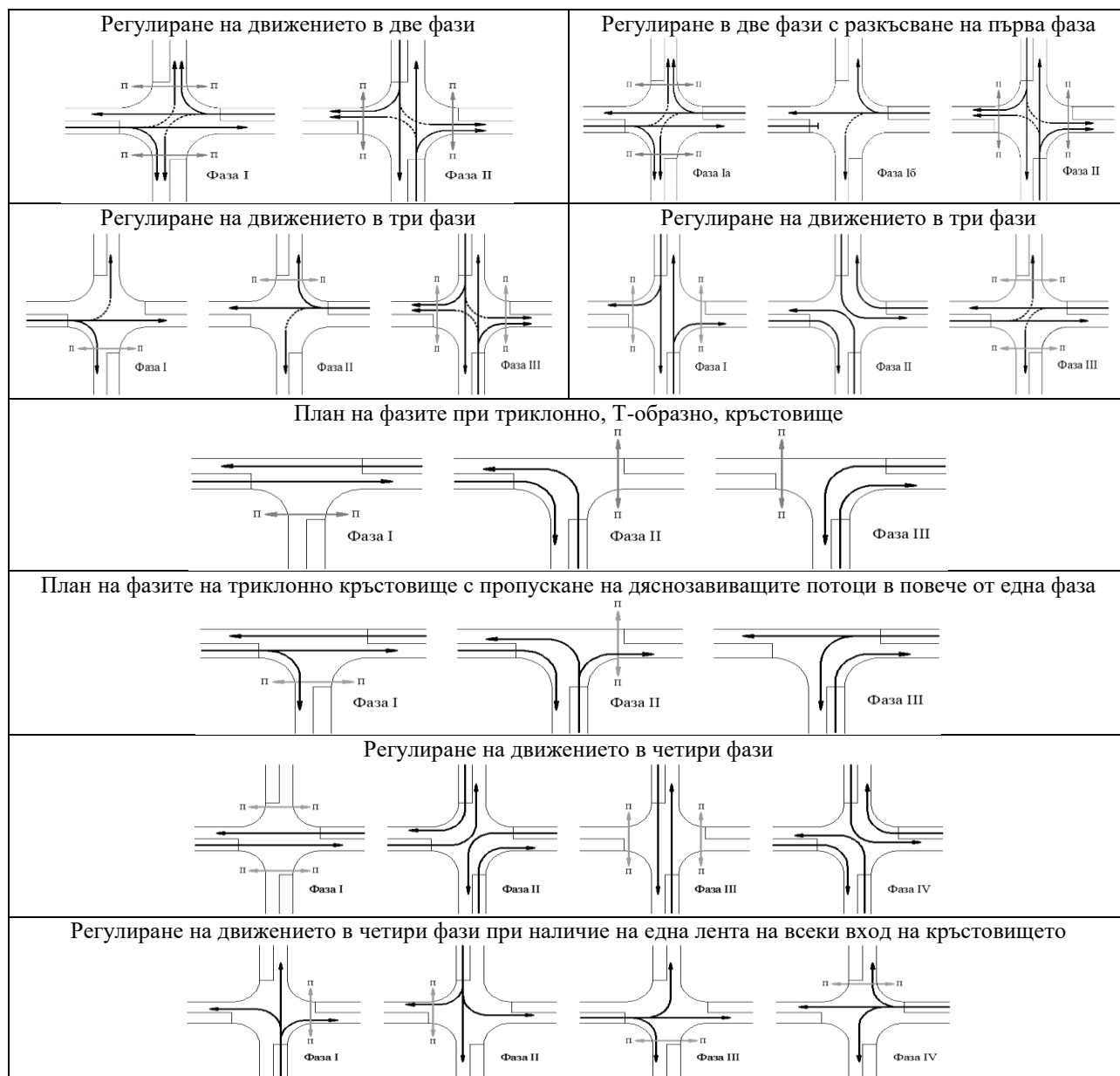
пропускане на пътнотранспортното движение с различна продължителност на цикъла на светофарната уредба, при което да се разграничат пиковите от останалите периоди в денонощието.

Броят и вида на фазите при пропускане на движението през кръстовището влияят в голяма степен на продължителността на цикъла на светофарната уредба. Тяхното определяне се извършва съобразно специфични за кръстовището условия, които включват:

- стойностите за интензивността на транспортните потоци по направления, което до голяма степен определят кои потоци могат да бъдат пропускани в една фаза;
- вида на кръстовището – триклонно, четириклонно и други;
- конфигурацията на кръстовището – определящ е броя и ширината на лентите на входовете и изходите на кръстовището;
- сложност на кръстовището – зависи от броя и вида на конфликтите точки между различните транспортни потоци;
- други – координация със съседни светофарни уредби, пропускане на пешеходци, забрана на леви завои и други съображения свързани с организацията на движението в района на изследваното кръстовище.

При определянето на броя и вида на фазите е необходимо да се постигне максимално разделяне на конфликтните транспортни потоци във времето. По този начин се намалява до минимум опасността от произшествия при пресичане на взаимните им зони в кръстовището.

Освен това се поставят и допълнителни условия за въвеждане на отделна фаза за регулиране движението на ППС, които завиват на кръстовище наляво или надясно. Необходимо е на входа на кръстовището да има обособена най-малко една пътна лента за съответната посока. Интензивността на движение на завиващите наляво ППС трябва да е по-голяма от 120 Е/ч [12]. По-характерни случаи на регулиране на движението със светлинни сигнали са показани на Фиг. П.1.1.



Фиг. П.1.1 По-характерни случаи на регулиране на движението

Безопасното изтегляне на транспортните потоци между отделните фази се осигурява от междинните времена, които гарантират необходимото време последният навлязъл автомобил от освобождаващите кръстовището потоци да премине конфликтната зона с потеглящите потоци от следващата фаза преди първият автомобил от тях да достигне до нея. Тяхното определяне зависи от конфигурацията и геометричните размери на кръстовището. Времетраенето им формира частта от цикъла на светофарната уредба, която не може да бъде променяна от гледна точка на безопасността при преминаване през кръстовището.

Изискването за оптимална продължителност на цикъла на светофарната уредба е постигнато с разработването на алгоритъм за изчисляване на времето за цикъл.

Основни входни данни за алгоритъма са:

- интензивност на пристигане на транспортните потоци, преминаващи през кръстовището (I_a), авт./сек.;
- продължителност на периода от денонощието, за който се извършват изчисленията (t_{pd}), сек.;
- минимално време за зелен сигнал за всяка от фазите (t_{gmin}), сек.

Те се установяват с изследване, което включва:

- отчитане на интензивността в периода 07-22 часа, който интервал определя т. нар. „светла част от денонощието” – целта е да се натрупа достатъчно информация за стойностите на този показател;
- определяне на стойности на интензивността в приведени единици за всеки час от изследвания интервал – получените резултати са необходими за доказване на необходимостта от светлинно регулиране на изследваното кръстовище от гледна точка на интензивността на транспортните потоци, преминаващи през него;
- определяне на периодите от денонощието, в които може да се организира пропускане на пътнотранспортното движение с различна продължителност на цикъла на светофарната уредба – целта е да се разграничат пиковите от останалите периоди в денонощието;
- определяне на интензивността на пристигане на транспортните потоци за всеки период в автомобили за секунда – получените стойности са основа на изчисленията в алгоритъма и определят приемането на стойност за минимално време за зелен сигнал.

Извършва се анализ на получените резултати. Определя се необходимостта от светлинно регулиране на движението на изследваното кръстовище. В случай, че са изпълнени други условия, различни от тези, свързани с интензивността на

транспортните потоци, в изчисленията отново се използват данните, получени при тяхното изследване.

Последователно се определят броя и вида на фазите за пропускане на транспортните потоци през кръстовището. При наличие на светофарна уредба е допустимо те да не се променят.

Определят се междинните времена съобразно установените конфликтни зони при преход между отделните фази. Описаният в [68] метод за определяне на продължителността на междинните времена се е наложил, тъй като изисква малък ресурс и обем от входна информация.

Междинните времена се определят съгласно следната формула:

$$t_t = t_y + t_e - t_a + \Delta t, \text{ сек}, \quad (\text{II.1.3})$$

където: t_t е междинно време, сек;

t_y – време за жълт сигнал на светофарната уредба след разрешаващ зелен сигнал, сек;

t_e – време за освобождаване на конфликтната зона от последния навлязъл автомобил от предходната фаза, сек;

t_a – време за достигане на конфликтната зона от първия потеглящ автомобил от следващата фаза, сек;

Δt – резерв от време – в зависимост от условията на движение се приема с времетраене между 0.5 и 1.5 сек.

Времето за освобождаване на конфликтната зона и времето за достигане до нея от автомобилите се определят по следните формули:

$$t_e = \frac{L_e + l_c}{V_0}, \text{ сек}, \quad (\text{II.1.4})$$

където: L_e е пътят, който изминава освобождаващият кръстовището автомобил от стоп-линията до края на конфликтната зона (Фиг. II.1.2), м;

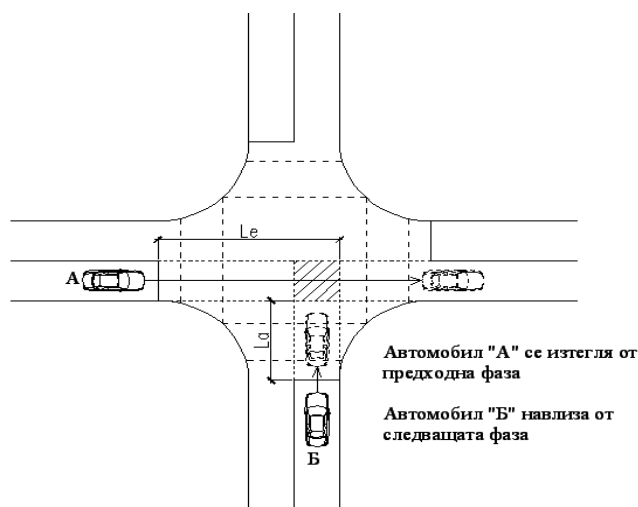
l_c – дължина на един автомобил – приема се 6 м;

V_0 – средна скорост на автомобила при преминаване през кръстовището – приемаме $V_0 = 40$ км/ч, което е приблизително 11,1 м/сек.

$$t_a = \sqrt{\frac{2l_a}{a}}, \text{ сек}, \quad (\text{II.1.5})$$

където: l_a е пътят, който изминава навлизащият в кръстовището автомобил от стоп линията до началото на конфликтната зона (Фиг. II.1.2), м;

a – ускорението на автомобила – за масовите марки и модели автомобили се приема $2.5 \div 3.0$ м/сек².



Фиг. II.1.2 Конфликтна зона между автомобили от последователни фази

За всяка i -та конфликтна зона се изчислява стойността на междинното време (t_{ti}). Стойностите се нанасят в матрица на междинните времена (Таблица II.1.2). Като междинно време за съответната фаза се приема най-голямата стойност на t_{ti} .

Таблица II.1.2 Матрица на междинните времена [12]

		Тръгвачи потоци											
		автомобили				трамваи		пешеходци				вело-сипеди	
		1Н	2Н	3Н	4Н	21Н	22Н	31Н	32Н	33Н	34Н	41Н	
Освобождаващи потоци	автомобили	1Н											
		2Н											
		3Н											
		4Н											
	пешеходци	трамваи	21Н										
			22Н										
		31Н											
		32Н											
		33Н											
		34Н											
		вело-сипеди	41Н										

Определя се стойност за интензивността на преминаване на автомобилите, което се основава на изчисленото междинно време.

Приема се, че междинното време за съответната фаза (t_{ti}) е равно на времето за преминаване на един автомобил през кръстовището (t_{pc}). За определянето му е проведено изследване, което включва измервания за потеглянето на опашката от автомобили при светване на зелен сигнал. Отчита се времето за преминаване на всеки от автомобилите в опашка както и времето между тяхното преминаване. Резултатите показват, че времеви интервал между автомобилите (Δt_{bc}) при преминаването им през светлинно регулирано кръстовище е 1 секунда.

Съобразно времето за преминаване на един автомобил през кръстовището и времеви интервал между тях се определят следните стойности:

$$A_e = \frac{t_{pc}}{\Delta t_{bc}}, \text{ бр. авт.} \quad (\text{II.1.6})$$

$$t_p = 2t_{pc}, \text{ сек.} \quad (\text{II.1.7})$$

където A_e е брой автомобили навлезли в кръстовището през времето за преминаване на един автомобил, бр. авт.;

t_p - времето за преминаване на A_e , сек.

Определя се интензивността на преминаване на автомобилите от една лента на пътното платно:

$$I_{pl}^f = \frac{A_e}{t_p}, \text{ авт./сек.} \quad (\text{II.1.8})$$

Интензивност на преминаване на автомобилите от съответния поток през кръстовището се определя по (II.1.9).

$$I_p^f = I_{pl}^f * l_t, \text{ авт./сек.} \quad (\text{II.1.9})$$

където l_t е брой ленти за движение на съответния поток.

Всеки поток от определените фази изисква достатъчно време за зелен сигнал (t_{ng}^f), което да гарантира безаварийното му изтеглянето през съответния период от денонощието, за който се извършват изчисленията. Това време се определя според следното отношение:

$$t_{ng}^f = \frac{t_{pd} * I_a^f}{I_p^f}, \text{ сек.} \quad (\text{II.1.10})$$

След получаване на стойности за всеки поток се изчислява сумата на необходимите времена за зелен сигнал за всяка фаза $\sum_{i=1}^n t_{ng}^{fi}$, където i е броя на фазите.

Изчислява се сумата на междинните времена през целия период, за които изчисляваме времето за цикъл. Определя се от равенството:

$$\sum \sum_{i=1}^n t_{ti} = t_{pd} - \sum_{i=1}^n t_{ng}^{fi}, \text{ сек.} \quad (\text{II.1.11})$$

Определя се броя цикли на светофарната уредба през периода, за който се извършват изчисленията (N_{cp}):

$$N_{cp} = \frac{\sum \sum_{i=1}^n t_{ti}}{\sum_{i=1}^n t_{ti}}, \text{ бр.} \quad (\text{II.1.12})$$

Продължителността на цикъла се изчислява по следната формула:

$$t_c = \frac{t_{pd}}{N_{cp}}, \text{ сек.} \quad (\text{II.1.13})$$

След определянето на времето за цикъл на светофарната уредба се изчислява времето за зелен сигнал за съответните фази в рамките на цикъла. За целта се определя следното отношение:

$$\gamma_i = \frac{I_p^{fi}}{I_a^{fi}} \quad (\text{II.1.14})$$

Продължителността на зеления сигнал за всяка фаза на пропускане на автомобилите през кръстовището се определя по (II.1.15).

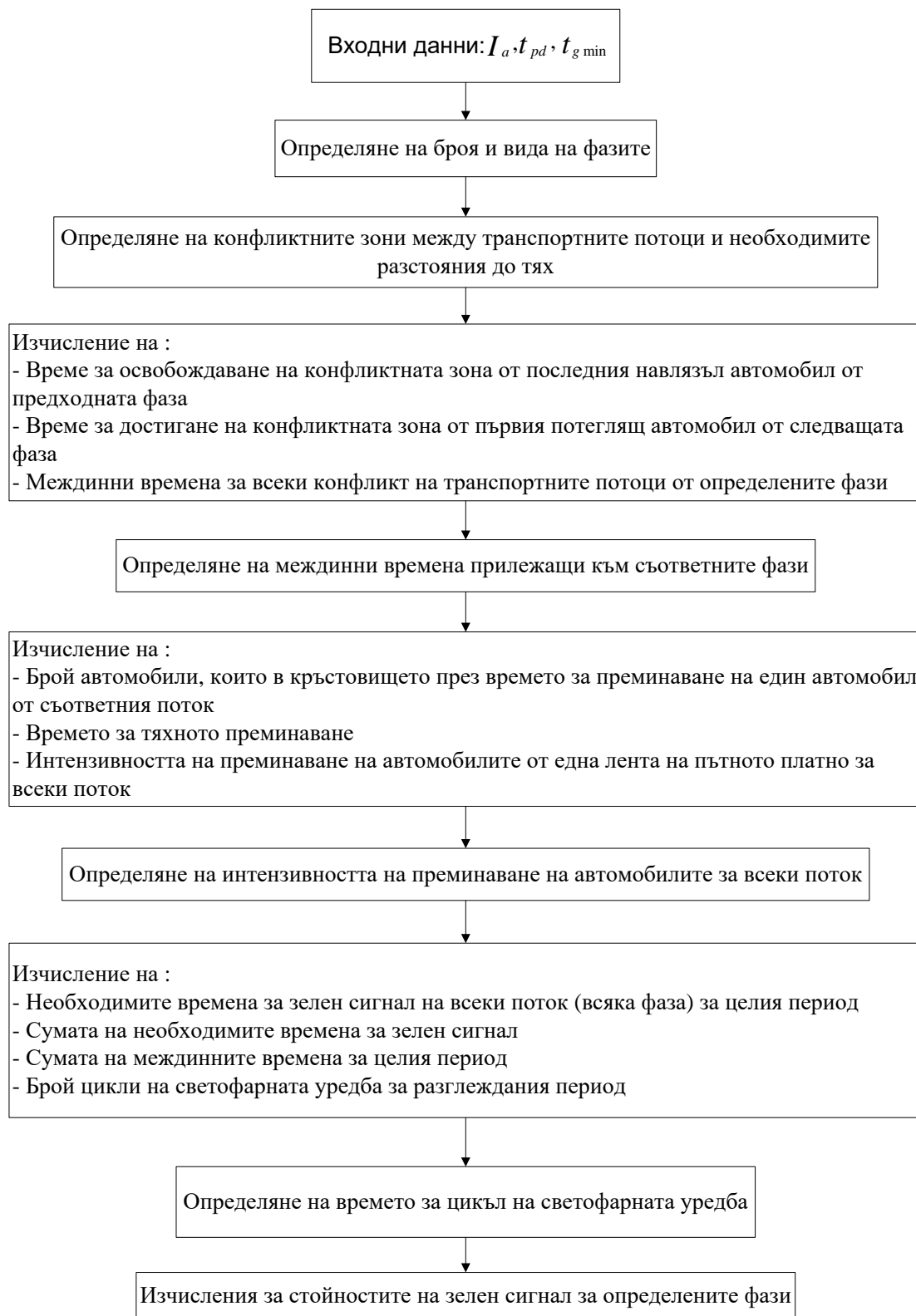
$$I_g^{fi} = \frac{t_c}{\gamma_i}, \text{ сек.} \quad (\text{II.1.15})$$

Ограничаващо условие за алгоритъма е осигуряване на минимално време за зелен сигнал за всяка фаза.

Обобщена блок-схема на алгоритъма за изчисляване времето за цикъл на светофарна уредба на кръстовище е показана на фиг. II.1.3.

Определената продължителност на цикъла е оптимална за разглежданото кръстовище при съществуващите условия на движение.

Алгоритъмът е представен в брой 1 от 2017 година на списание „Machines, Technologies, Materials“ [82].



Фиг. II.1.3 Обобщен алгоритъм за изчисляване на времето за цикъл на светофарна уредба на кръстовище

II.1.3 Алгоритъм за определяне вида на преминаване на пешеходци през платното за движение при определени транспортни условия

Проблемите на пешеходното и на автомобилното движение трябва да се разглеждат комплексно. При нарастване на интензивността на автомобилното

движение нараства и интензивността на пешеходното движение, което води до увеличаване конфликтността между тях [6]. Това провокира множество проблеми свързани с организация и регулиране на движението на местата на пресичане на уличното платно от пешеходците. В тези случаи е необходимо да се анализират възможните варианти за преминаването на пешеходците и да се избере този, при който се осигурява най-малко време за чакане на автомобилите и пешеходците.

Преминаването на пешеходци през платното за движение изисква спазването на множество ограничителни условия свързани с безопасността на движението и загубата от време на преминаващите пешеходци и изчакващи преминаването водачи и пътници.

Представената методика за избор на вида на пресичане на платното за движение от пешеходци изисква провеждане на изследване на интензивността на транспортните и пешеходните потоци, а вземането на решение се основава на критерия минимална сумарна загуба на време (задръжката) за автомобили и пешеходци при спазване на правилата за безопасно движение.

Входните данни за алгоритъма са:

- ширина на пешеходната пътека (B_{ww}), м;
- дължина на необходимото пространство за един пешеходец (L_p) – приема се 0,75 метра;
- ширина на необходимото пространство за един пешеходец (B_p) – приема се 0,75 метра;
- ширина на платното за движение (B_w), м;
- средната скорост на движение на пешеходците при преминаването им по пешеходната пътека (V_p) в м/сек. – определя се съобразно скоростта на движение на преобладаващите по пол и възраст пешеходци;
- интензивност на пристигане на автомобилите (I_a^f), а/сек.;
- интензивност на пристигане на автомобилите (I_a^{fm}), а/мин.;
- интензивност на пристигане на пешеходците (I_a^{pm}), п/мин.

Извършват се изчисления за определяне на общото време за чакане на участниците в движението ангажирани с преминаването през пешеходната пътека. Първоначално те се извършват за пешеходна пътека маркирана върху платното за движение без изкуствена неравност.

Последователно се определят времето за преминаване на пешеходците през платното за движение (t_{rl}^p) по формула (II.1.16) и броя на пешеходците, които могат да се движат един до друг на пешеходната пътека (N_{ww}) по формула (II.1.17).

$$t_{rl}^p = \frac{B_w}{V_p}, \text{ сек.} \quad (\text{II.1.16})$$

$$N_{ww} = \frac{B_{ww}}{B_p}, \text{ бр.} \quad (\text{II.1.17})$$

Данните от проведените преброявания за транспортните и пешеходните потоци се разделят според посоката на движение, съответно I_a^{f1} , I_a^{f2} , I_a^{fm1} , I_a^{fm2} , I_a^{pm1} и I_a^{pm2} за всяка минута от изследвания интервал. Препоръчва се изследванията да са минимум за пиковите периоди на денонощието.

Времето за чакане на автомобилите от всеки поток се определя като сума от времената за чакане на пристигналите автомобили за всяка секунда от времето, за което пешеходец пресича платното за движение (формула II.1.18 и формула II.1.19). Това се извършва за всеки случай на пристигане на пешеходец според информацията от проведените преброявания. Общото време за чакане по часове (съответно за периода на изследване) е сума от получените времена за чакане за съответния час (период на изследване) за всеки от потоците и на автомобилното движение като цяло.

$$T_w^{f1} = I_a^{f1} * t_{rl}^p * (I_a^{pm1} + I_a^{pm2}) + I_a^{f1} * (t_{rl}^p - 1) * (I_a^{pm1} + I_a^{pm2}) + I_a^{f1} * (t_{rl}^p - 2) * (I_a^{pm1} + I_a^{pm2}) + \dots + I_a^{f1} * (t_{rl}^p < 1) * (I_a^{pm1} + I_a^{pm2}), \text{ сек.} \quad (\text{II.1.18})$$

$$T_w^{f2} = I_a^{f2} * t_{rl}^p * (I_a^{pm1} + I_a^{pm2}) + I_a^{f2} * (t_{rl}^p - 1) * (I_a^{pm1} + I_a^{pm2}) + I_a^{f2} * (t_{rl}^p - 2) * (I_a^{pm1} + I_a^{pm2}) + \dots + I_a^{f2} * (t_{rl}^p < 1) * (I_a^{pm1} + I_a^{pm2}), \text{ сек.} \quad (\text{II.1.19})$$

където: T_w^{f1} и T_w^{f2} са съответно времето за чакане на автомобилите в едната и другата посока.

Стойностите за I_a^{pm1} и I_a^{pm2} се приемат равни на 1 (едно) за всеки случай на пресичане на платното от пешеходец за съответната посока в минутата на отчитане на съответния час. Това приемане е валидно до момента, в който отчетените при изследването пешеходци за съответна посока достигнат броя пешеходци, които могат да се движат спокойно един до друг по пешеходната пътека (I_a^{pm1} и $I_a^{pm2} \leq N_{ww}$). След това за стойности на I_a^{pm1} и I_a^{pm2} се приема 2 (две) и времето за чакане на всеки от автомобилните потоци се определя по формула П.1.20 и П.1.21.

$$T_{w2}^{f1} = 2 * T_w^{f1} + t_b, \text{сек.} \quad (\text{П.1.20})$$

$$T_{w2}^{f2} = 2 * T_w^{f2} + t_b, \text{сек.} \quad (\text{П.1.21})$$

Това приемане е валидно до като I_a^{pm1} и $I_a^{pm2} \leq 2N_{ww}$, след което времето за чакане на всеки от потоците се завишава пропорционално както е указано между формули П.1.18 и П.1.19 с формули П.1.20 и П.1.21.

Изчисленията за времето за чакане при пресичане на платното за движение от пешеходци по пешеходна пътека маркирана върху изкуствена неравност се извършват по посочените формули П.1.18 и П.1.19 (съответно П.1.20 и П.1.21) като се добавя и времето за задръжка на всеки автомобил, който преминава през изкуствената неравност, породено от това, че е необходимо намаляване на скоростта и последващо ускоряване за достигане на разрешената скорост за пътния участък. Доказано е, че стойността на забавата на всеки автомобил в тези случаи е 2,7 секунди [15]. За времето за чакане на всеки от автомобилните потоци се получава:

$$T_{wp}^{f1} = T_w^{f1} + I_a^{fm1} * 2.7, \text{сек.} \quad (\text{П.1.22})$$

$$T_{wp}^{f2} = T_w^{f2} + I_a^{fm2} * 2.7, \text{сек.} \quad (\text{П.1.23})$$

В изчисленията за времето за чакане при вариант с пресичане на маркирана пешеходна пътека на платното за движение със или без изкуствена неравност не се включва време за чакане на пешеходците за своето преминаване. Това е

продиктувано от нормативните изисквания, които налагат пропускане на пешеходците при появата им на обозначеното място за пресичане.

Светлинно сигнализиране на пешеходна пътека се прилага при определени условия. В зависимост от стойностите на интензивностите на пристигане на пешеходците и на автомобилите се определя и продължителността на зелените сигнали за съответните потоци.

Определянето на времето за чакане при пресичане на платното за движение през светлинно регулирана пешеходна пътека с бутон за управление от пешеходци (T_w^{tl}) се извършва с отчитане на времето за чакане на автомобилите за всяка секунда от времето на цикъла на светофарната уредба, което задължава автомобилите да са спрели (t_s) и времето за чакане на пешеходците от момента на натискане на бутона до момента на получаване на разрешаващ преминаването им сигнал (T_w^p).

Времето, през което автомобилите са принудени да са спрели включва времената за жълт сигнал след разрешаващ зелен сигнал за тяхното движение (t_y), времето за червен сигнал (t_r), и времето за жълт сигнал в комбинация с червения, преди включване на разрешаващ зелен сигнал (t_{yr}). Времето за чакане на автомобили се определя по формулата:

$$T_w^f = I_a^f * t_s + I_a^f * (t_s - 1) + I_a^f * (t_s - 2) + \dots + I_a^f, \text{сек.} \quad (\text{II.1.24})$$

където T_w^f е време за чакане на автомобилите и в двете посоки;

$$I_a^f - \text{интензивност на автомобилите} - I_a^f = I_a^{f1} + I_a^{f2}.$$

Времето за чакане на пешеходците (T_w^p) включва времето за жълтия сигнал за автомобилите след разрешаващ зелен сигнал за тяхното движение (t_y) и времето от началото на червения сигнал към автомобилите до началото на зеления сигнал към пешеходците (Δt):

$$T_w^p = (I_a^{pm1} + I_a^{pm2}) * (t_y + \Delta t), \text{сек.} \quad (\text{II.1.25})$$

$$T_w^{tl} = T_w^f + T_w^p, \text{сек.} \quad (\text{II.1.26})$$

След извършване на изчисленията при трите варианта на пресичане на платното за движение от пешеходци се определя този с най-малко време за

чакане. Прилага се за изпълнение в случай, че удовлетворява предварително зададените ограничителни условия в зависимост от конкретната ситуация. При всички положения се определя вариант, който да осигурява в максимална степен безопасността на движението в конкретния участък от уличната мрежа без това да доведе до драстични промени в начина на протичане на движението.

Обобщена блок-схема на алгоритъма е представена на фиг. II.1.4.



Фиг. II.1.4 Обобщен алгоритъм за определяне вида на преминаване на пешеходци през платното за движение при определени транспортни условия

Предлагания алгоритъм дава възможност за сравнение на резултатите за различните вариантите за осигуряване на възможност за пресичане на пешеходците на пътното платно, които ще осигурят преминаване, както на пешеходния така и на автомобилния поток, с най-малко време на транспортната задръжка при различни стойности на параметрите за тяхната интензивност, което определя избор на оптималния вариант на пресичане за конкретен пътен участък.

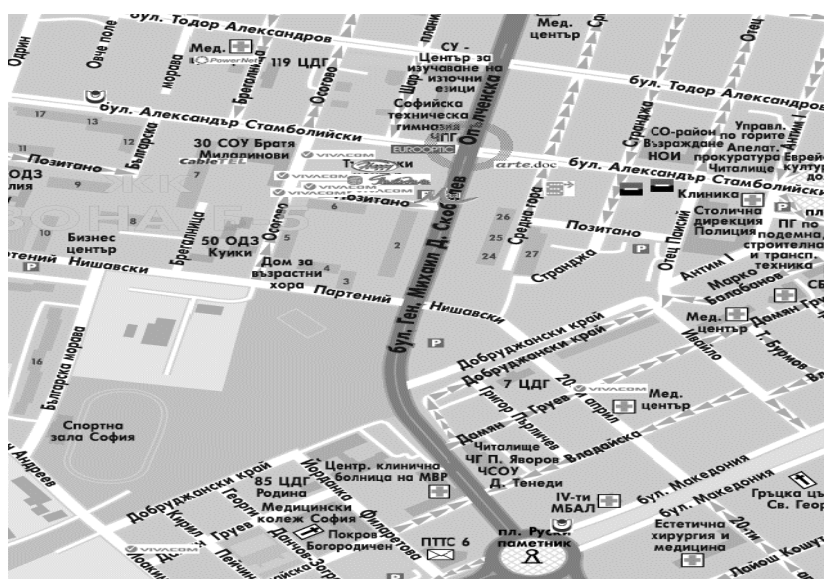
II.2 Приложение на разработени алгоритми и методики за оразмеряване на светофарни уредби за транспортни и пешеходни потоци при различни транспортни условия

Възможните приложения на представените алгоритми, осъществени в конкретни разработки за възлови места в гр. София са подробно разяснени в продължение на доказателствата за приложния характер на настоящия монографичен труд. Представени са разработки за:

- Пресичането на бул. "Александър Стамболийски" и ул. "Опълченска" в гр. София;
- Кръстовище на ул. бул. „Св. Климент Охридски” и бул. „Андрей Ляпчев” – гр. София;
- Пешеходна пътека на бул. „Сливница“ и ул. „Баба“ в гр. София;

II.2.1 Приложение на алгоритъма за оптимизиране времената на фазите при промяна на продължителността на цикъла на светофарна уредба на кръстовище

Разгледаната оптимизация е приложена за кръстовище в град София – пресичането на бул. "Александър Стамболийски" и ул. "Опълченска" (Фиг. II.2.1).

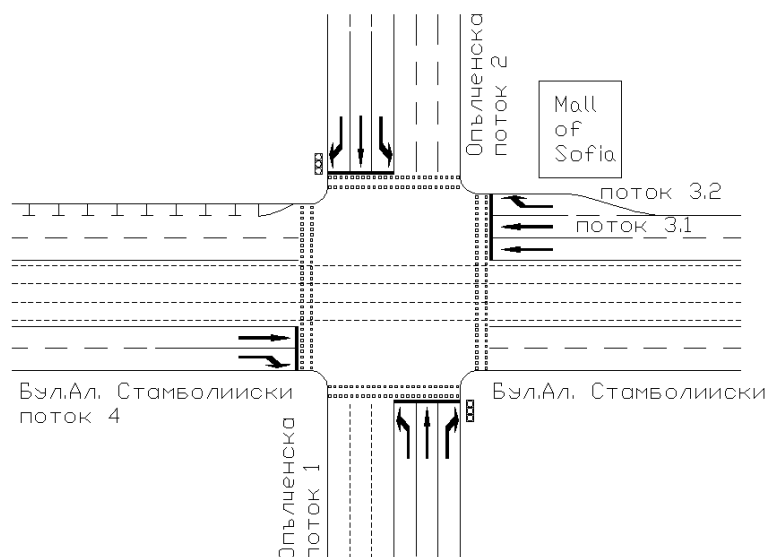


Фиг. II.2.1 Местоположение на разглежданото кръстовище в гр. София

То се извършва на ниво терен със светофарно регулирано кръстовище, през което се осъществява транспортната връзка между булевардите „Тодор Александров”, „Христо Ботев”, улица „Одрин” и кръстовището на площад „Руски паметник”. Транспортният възел заема важна роля за организацията на движението в централната градска част.

Разглежданото кръстовище се състои от четири входящи улици. Платното за движение на две от тях (от площад „Руски паметник” и от бул. „Тодор Александров”) е еднопосочно и се състои от три ленти за движение във всяка посока. Ширината на всяка една от лентите е 3.5 м, разделителна ивица – 1 м, а общият габарит на платното е 10.5 м във всяка посока.

Другите две улици (от бул. „Христо Ботев” и от ул. „Одрин”) са двупосочни и се състоят от две ленти за движение и обособено трамвайно трасе. В посоката от улица „Одрин”, броят на лентите за движение при светофара, се увеличава на три, като две от тях са предназначени за автомобилите, които продължават в права посока, а третата е за завиващите на дясно. Схема на кръстовището с означени транспортни потоци е показана на фигура П.2.2.



Фиг. П.2.2 Схема и обозначение на транспортните потоци на кръстовището на бул. „Александър Стамболийски” и ул. „Опълченска”

След проведени наблюдения се установи, че през летните месеци натоварването на разглежданото кръстовище многократно намалява. За съществуващият светофарен цикъл, през летния период, се наблюдава следното:

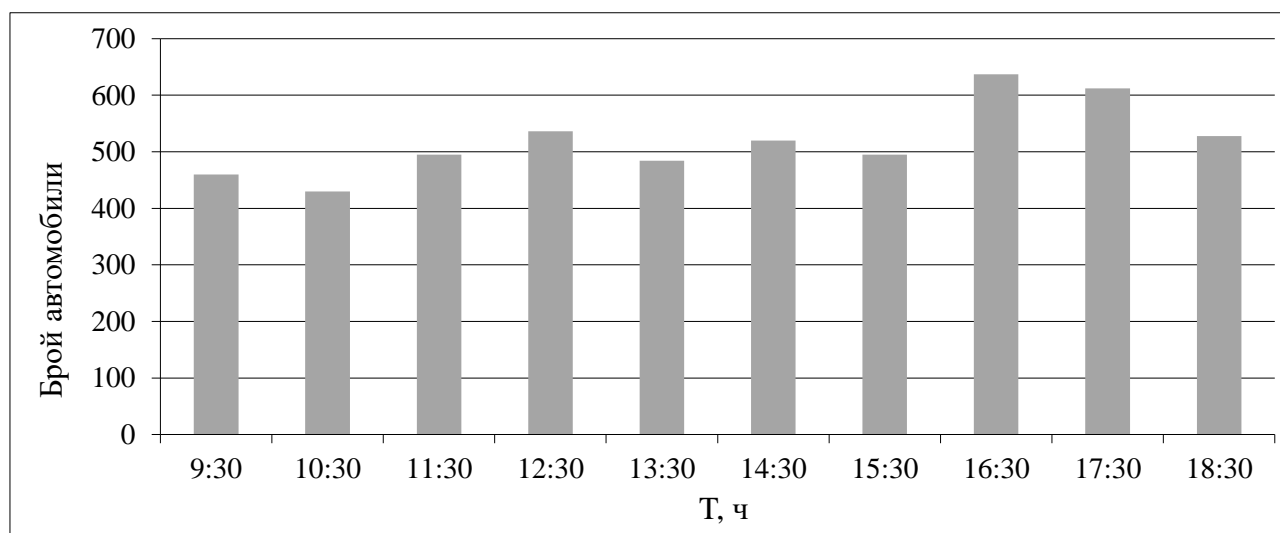
- голямата продължителност на зеления сигнал позволява да преминат

всички чакащи автомобили, като през оставащото време липсват автомобили, които да преминават;

- чакащите в срещуположните направления при червен сигнал автомобили, по времето на зелен сигнал на преминаващите потоци, имат неоправдано дълго време за чакане.

Един от начините за разрешаване на този проблем е да се намали времето на целия цикъл до стойности, които не възпрепятстват изтеглянето на автомобилите по време на зеления сигнал и при които не се образуват опашки.

В периода юли – август 2009 г. са проведени измервания на два етапа. Първият в периода от 06.07.2009 г. до 12.07.2009 г. в рамките на една работна седмица в три работни дни – Вторник, Сряда и Четвъртък, за които е доказано, че не се различават съществено в стойностите на интензивността на транспортните потоци, в интервала от 9:30 до 18:30 часа. Отчита се броят на преминалите автомобили в участъка от ул. ”Опълченска” до ул. ”Одрин” в рамките на един всеки астрономически час за целия посочен интервал. Целта на измерването е да се установи пиковия период на натоварване на разглежданото кръстовище. На фигура П.2.3 е показан броят на преминаващите автомобили за всеки един час от измерването. Става ясно, че, средният брой преминаващи автомобили за изследвания период е около 592 авт./ч като в часовете от 16:30 до 18:30 движението е най-интензивно със стойности достигащи над 630 авт./ч. Първият етап на изследването показва недвусмислено, че разработената оптимизация трябва да се приложи именно за този времеви интервал.



Фиг. П.2.3 Преминали автомобили в участъка от ул. ”Опълченска” до ул. ”Одрин” за всеки час

Вторият етап на изследването е проведен в периода от 20.07.2009 г. до 01.08.2009 г. в отново в дните Вторник, Сряда и Четвъртък. Измерван е броят на пристигащите и преминаващите за един светофарен цикъл автомобили в установения в първи етап пиков интервал между 16:30 и 18:30 часа. Отчита се броят на автомобилите спрели в кръстовището по време на червен сигнал, както и броят на автомобилите, които успяват да преминат по време на зеления сигнал за един светофарен цикъл. Средните стойности за всеки поток са показани в таблица II.2.1.

Таблица II.2.1 Данни от измерването за брой пристигащи и преминаващи автомобили за един светофарен цикъл

Поток №	Среден брой пристигащи автомобили за цикъл	Среден брой преминаващи автомобили за цикъл	Сумарен брой автомобили в кръстовището
Поток 1	16	21	38
Поток 2	22	26	48
Поток 3.1	7	10	18
Поток 3.2	2	6	9
Поток 4	8	10	18

От посочените в таблицата резултати се вижда, че интензивността на Поток 1 и Поток 2 (направленията от бул. "Тодор Александров" и от площад „Руски паметник“) е най-голяма. Средният брой пристигащи автомобили за Поток 1 е 16, а за Поток 2 – 22. Прави впечатление, че за Поток 3 (от бул. "Христо Ботев") и Поток 4 (от ул. „Одрин“) установените средни стойности са около 10 автомобила.

Измерени са и времената за зелен и червен сигнал, за всеки поток, както и времето за цикъл. Установи се, че продължителността на цикъла и в трите дни е еднаква – 87 сек., като движението се пропуска в две фази.

За разглежданото кръстовище са извършени пресмятания по потоци за съществуваща дължина на времето за зелен и червен сигнал от 87 секунди и междинно време за двете фази – 7 секунди, с интервал на намаляване през 2 секунди до достигане на стойност от 40 сек плюс 7 секунди междинно време. Определянето на оптималната продължителност на светофарният цикъл се осъществи при ограничение, че по улици с обществен транспорт цикъла не може да се намали под 40 секунди [18]. По тази причина продължителността на цикъла

е намалена близо до долната граница и е приета до 40 секунди. Целта на промяната на продължителността на цикъла е установяване на оптималната му стойност, за която ще има най-малък брой автомобили, чакащи на червен сигнал, и за която времето за чакане ще бъде най-малко.

Един от основните параметри на това изследване – интензивността на пристигане за цикъл е установена по формула П.1.1. Данните по потоци са представени в таблица П.2.2.

Таблица П.2.2 Интензивност на пристигане по отделните клонове на кръстовището

Поток	Поток 1	Поток 2	Поток 3.1	Поток 3.2	Поток 4
Интензивност, авт./ч	0,437	0,558	0,214	0,109	0,211

Броят на пристигналите автомобили в рамките на червения сигнал се изразява като произведение на съответното време за цикъл и средната интензивност на пристигане. Броя на автомобилите, които преминават при светване на зелен сигнал на светофара, е равен на произведението на средната интензивност на пристигане за цикъл и времето за зелен сигнал.

Съотношението на времето за червен сигнал спрямо това за зелен е запазено както първоначалното за всеки един от потоците и след изменянето на цикъла.

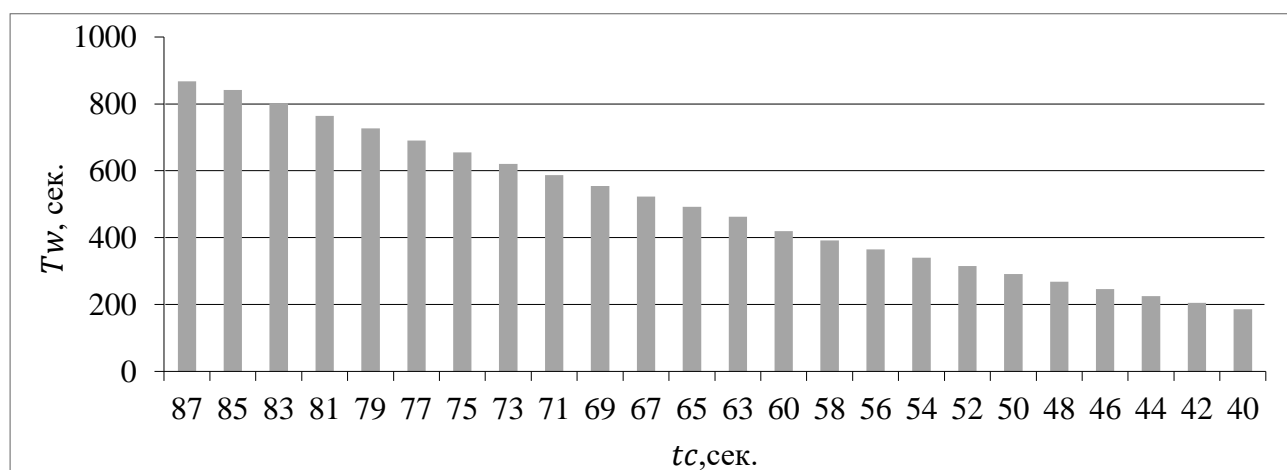
От начална стойност на червен и зелен сигнал 87 секунди намаляваме продължителността им до 40 секунди. Пресмятат се стойностите на продължителността на цикъла (t_c); времената за зелен (t_g) и червен (t_r) сигнал; средните стойности на броя пристигащи (A_a) и преминали (A_p) автомобили; средният брой чакащи (A_Q) автомобили и средното време за чакане (T_w) за отделните потоци (по формула П.1.2). Резултатите са показани в таблици П.2.3 за поток 1, П.2.4 за поток 2, П.2.5 за поток 3.1, П.2.6 за поток 3.2 и П.2.7 за поток 4. Същите а онагледени на фигури П.2.4, П.2.5, П.2.6, П.2.7 и П.2.8 за съответните потоци.

Резултатите ясно показват значително намаляване на времето за чакане при промяна на продължителността на цикъла от 87 секунди до 40 секунди. Това се наблюдава при изчисленията за всеки от транспортните потоци, което

недвусмислено показва необходимостта от промяна за подобряване на протичането на движението през разглежданото кръстовище.

Таблица II.2.3 Резултати от изчисленията за Поток 1

t_c ,сек.	t_r ,сек.	t_g ,сек.	A_a	A_p	A_Q	T_w , сек.
87	63	24	38.0	10.5	27.5	867.2
85	62	23	37.1	10.0	27.1	841.3
83	61	22	36.3	9.8	26.5	802.1
81	59	22	35.4	9.6	25.8	764.0
79	58	21	34.5	9.3	25.2	726.7
77	56	21	33.6	9.1	24.6	690.4
75	55	20	32.8	8.8	23.9	655.0
73	53	20	31.9	8.6	23.3	620.5
71	52	19	31.0	8.4	22.6	587.0
69	50	19	30.2	8.1	22.0	554.4
67	49	18	29.3	7.9	21.4	522.7
65	47	18	28.4	7.7	20.7	492.0
63	46	17	27.5	7.4	20.1	462.1
60	44	16	26.2	7.1	19.1	419.2
58	42	16	25.3	6.8	18.5	391.7
56	41	15	24.5	6.6	17.9	365.2
54	39	15	23.6	6.4	17.2	339.5
52	38	14	22.7	6.1	16.6	314.9
50	37	14	21.9	5.9	16.0	291.1
48	35	13	21.0	5.7	15.3	268.3
46	34	12	20.1	5.4	14.7	246.4
44	32	12	19.2	5.2	14.0	225.4
42	31	11	18.4	5.0	13.4	205.4
40	29	11	17.5	4.7	12.8	186.3



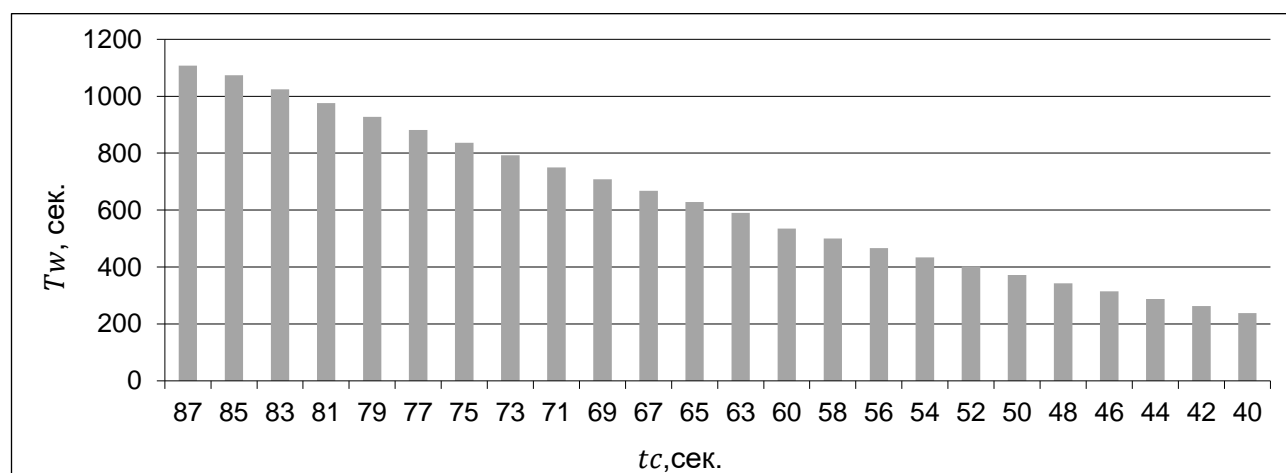
Фиг. II.2.4 Изменение на времето за чакане в зависимост от продължителността на цикъла за Поток 1

Относно резултатите за Поток 1 прави впечатление, че намалението на времето за чакане е над четири пъти, което е около 700 автомобилосекунди само

за един цикъл на светофарната уредба за всички автомобили, които чакат на кръстовището.

Таблица II.2.4 Резултати от изчисленията за Поток 2

t_c ,сек.	t_r ,сек.	t_g ,сек.	A_a	A_p	A_Q	T_w , сек.
87	63	24	48.5	13.4	35.2	1107.4
85	62	23	47.4	12.8	34.6	1074.2
83	61	22	46.3	12.5	33.8	1024.3
81	59	22	45.2	12.2	33.0	975.5
79	58	21	44.1	11.9	32.2	927.9
77	56	21	43.0	11.6	31.4	881.5
75	55	20	41.9	11.3	30.6	836.3
73	53	20	40.7	11.0	29.7	792.3
71	52	19	39.6	10.7	28.9	749.5
69	50	19	38.5	10.4	28.1	707.9
67	49	18	37.4	10.1	27.3	667.4
65	47	18	36.3	9.8	26.5	628.2
63	46	17	35.2	9.5	25.7	590.1
60	44	16	33.5	9.0	24.4	535.2
58	42	16	32.4	8.7	23.6	500.2
56	41	15	31.2	8.4	22.8	466.3
54	39	15	30.1	8.1	22.0	433.5
52	38	14	29.0	7.8	21.2	402.0
50	37	14	27.9	7.5	20.4	371.7
48	35	13	26.8	7.2	19.6	342.6
46	34	12	25.7	6.9	18.7	314.6
44	32	12	24.6	6.6	17.9	287.8
42	31	11	23.4	6.3	17.1	262.3
40	29	11	22.3	6.0	16.3	237.9

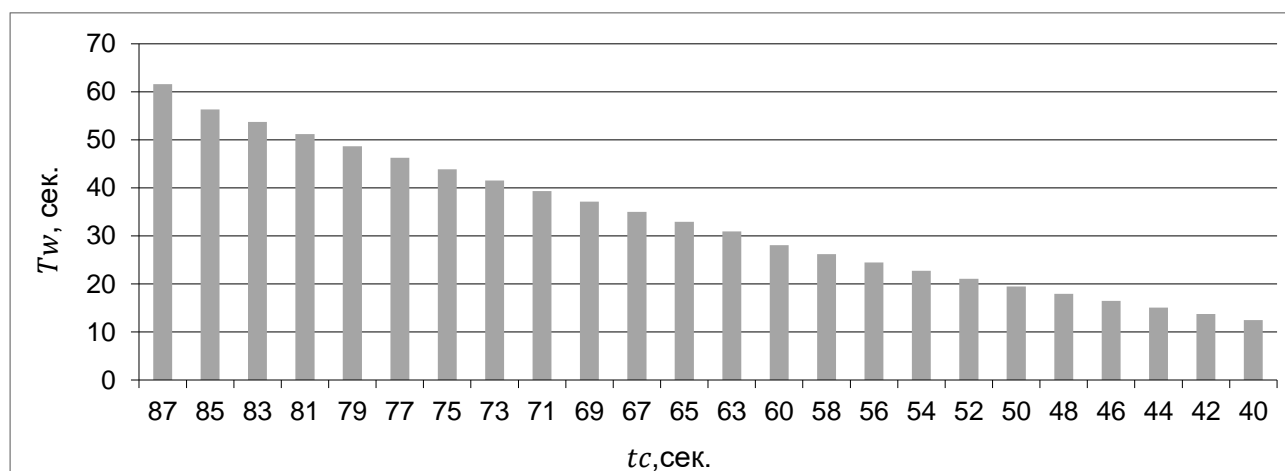


Фиг. II.2.5 Изменение на времето за чакане в зависимост от продължителността на цикъла за Поток 2

Относно стойностите за Поток 2 се забелязва същата зависимост както при Поток 1, при което намалението е около 5 пъти или с над 850 автомобилосекунди за чакащите на кръстовището за един светофарен цикъл.

Таблица II.2.5 Резултати от изчисленията за Поток 3.1

t_c ,сек.	t_r ,сек.	t_g ,сек.	A_a	A_p	A_Q	T_w , сек.
87	24	63	18.6	13.5	5.1	61.6
85	23	62	18.2	13.3	4.9	56.4
83	22	61	17.8	13.0	4.8	53.7
81	22	59	17.3	12.7	4.7	51.2
79	21	58	16.9	12.3	4.6	48.7
77	21	56	16.5	12.0	4.4	46.2
75	20	55	16.1	11.7	4.3	43.9
73	20	53	15.6	11.4	4.2	41.6
71	19	52	15.2	11.1	4.1	39.3
69	19	50	14.8	10.8	4.0	37.1
67	18	49	14.3	10.5	3.9	35.0
65	18	47	13.9	10.2	3.8	33.0
63	17	46	13.5	9.8	3.6	31.0
60	16	44	12.8	9.4	3.5	28.1
58	16	42	12.4	9.1	3.4	26.2
56	15	41	12.0	8.7	3.2	24.5
54	15	39	11.6	8.4	3.1	22.7
52	14	38	11.1	8.1	3.0	21.1
50	14	37	10.7	7.8	2.9	19.5
48	13	35	10.3	7.5	2.8	18.0
46	12	34	9.8	7.2	2.7	16.5
44	12	32	9.4	6.9	2.5	15.1
42	11	31	9.0	6.6	2.4	13.8
40	11	29	8.6	6.2	2.3	12.5



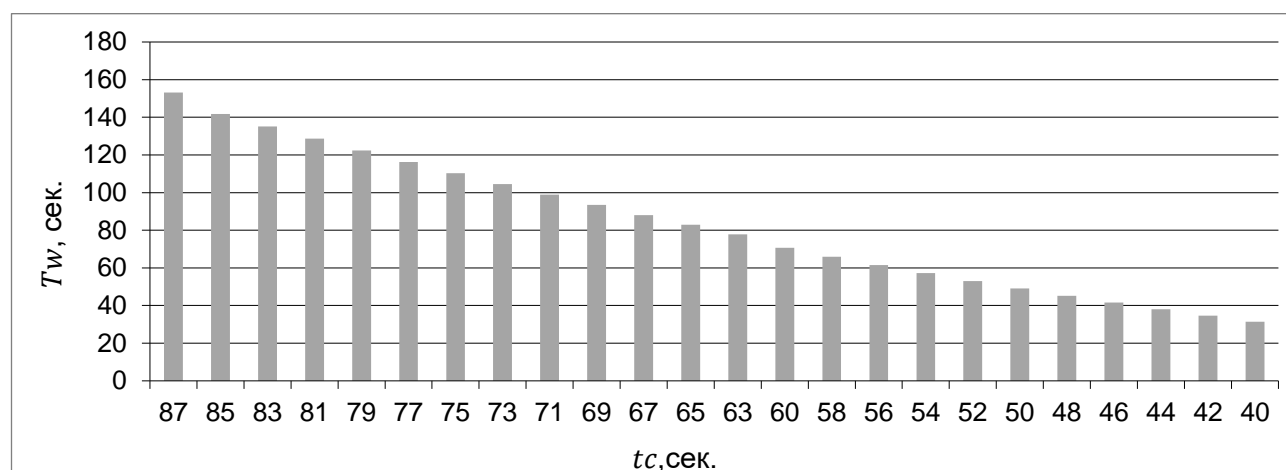
Фиг. II.2.6 Изменение на времето за чакане в зависимост от продължителността на цикъла за Поток 3.1

Изменението на времето за чакане на Поток 3.1 следва същата тенденция като при останалите потоци, въпреки по-ниските стойности на този показател. Намалението и при него е над 5 пъти, което в цифрово изражение е над 50 автомобилосекунди за един цикъл на светофарната уредба. Същото се наблюдава

и при поток 3.2, при който времето за чакане намалява с над 120 автомобилосекунди за същия период.

Таблица П.2.6 Резултати от изчисленията за Поток 3.2

t_c ,сек.	t_r ,сек.	t_g ,сек.	A_a	A_p	A_Q	T_w , сек.
87	53	34	9.5	3.7	5.8	153.1
85	51	34	9.3	3.7	5.6	141.8
83	50	33	9.0	3.6	5.4	135.2
81	49	32	8.8	3.5	5.3	128.7
79	47	32	8.6	3.4	5.2	122.4
77	46	31	8.4	3.4	5.0	116.3
75	45	30	8.2	3.3	4.9	110.4
73	44	29	8.0	3.2	4.8	104.6
71	43	28	7.7	3.1	4.6	98.9
69	41	28	7.5	3.0	4.5	93.4
67	40	27	7.3	2.9	4.4	88.1
65	39	26	7.1	2.8	4.3	82.9
63	38	25	6.9	2.7	4.1	77.9
60	36	24	6.5	2.6	3.9	70.6
58	35	23	6.3	2.5	3.8	66.0
56	34	22	6.1	2.4	3.7	61.5
54	32	22	5.9	2.4	3.5	57.2
52	31	21	5.7	2.3	3.4	53.1
50	30	20	5.5	2.2	3.3	49.1
48	29	19	5.2	2.1	3.1	45.2
46	28	18	5.0	2.0	3.0	41.5
44	26	18	4.8	1.9	2.9	38.0
42	25	17	4.6	1.8	2.7	34.6
40	24	16	4.4	1.7	2.6	31.4

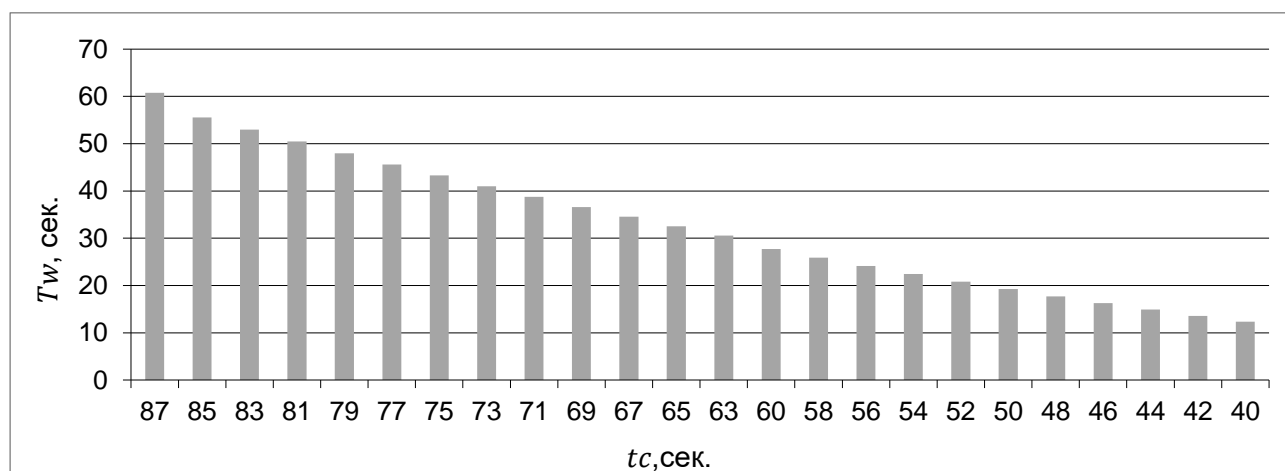


Фиг. П.2.7 Изменение на времето за чакане в зависимост от продължителността на цикъла за Поток 3.2

Идентични са резултатите и при поток 4, при който времето за чакане ще се намали с подобни на Поток 3.1 стойности, а именно с около 50 автомобилосекунди за един цикъл на светофарната уредба.

Таблица II.2.7 Резултати от изчисленията за Поток 4

t_c ,сек.	t_r ,сек.	t_g ,сек.	A_a	A_p	A_Q	T_w , сек.
87	24	63	18.4	13.3	5.1	60.8
85	23	62	17.9	13.1	4.8	55.6
83	22	61	17.5	12.8	4.7	53.0
81	22	59	17.1	12.5	4.6	50.5
79	21	58	16.7	12.2	4.5	48.0
77	21	56	16.2	11.9	4.4	45.6
75	20	55	15.8	11.6	4.3	43.3
73	20	53	15.4	11.2	4.2	41.0
71	19	52	15.0	10.9	4.0	38.8
69	19	50	14.6	10.6	3.9	36.6
67	18	49	14.1	10.3	3.8	34.5
65	18	47	13.7	10.0	3.7	32.5
63	17	46	13.3	9.7	3.6	30.5
60	16	44	12.7	9.2	3.4	27.7
58	16	42	12.2	8.9	3.3	25.9
56	15	41	11.8	8.6	3.2	24.1
54	15	39	11.4	8.3	3.1	22.4
52	14	38	11.0	8.0	3.0	20.8
50	14	37	10.6	7.7	2.8	19.2
48	13	35	10.1	7.4	2.7	17.7
46	12	34	9.7	7.1	2.6	16.3
44	12	32	9.3	6.8	2.5	14.9
42	11	31	8.9	6.5	2.4	13.6
40	11	29	8.4	6.2	2.3	12.3

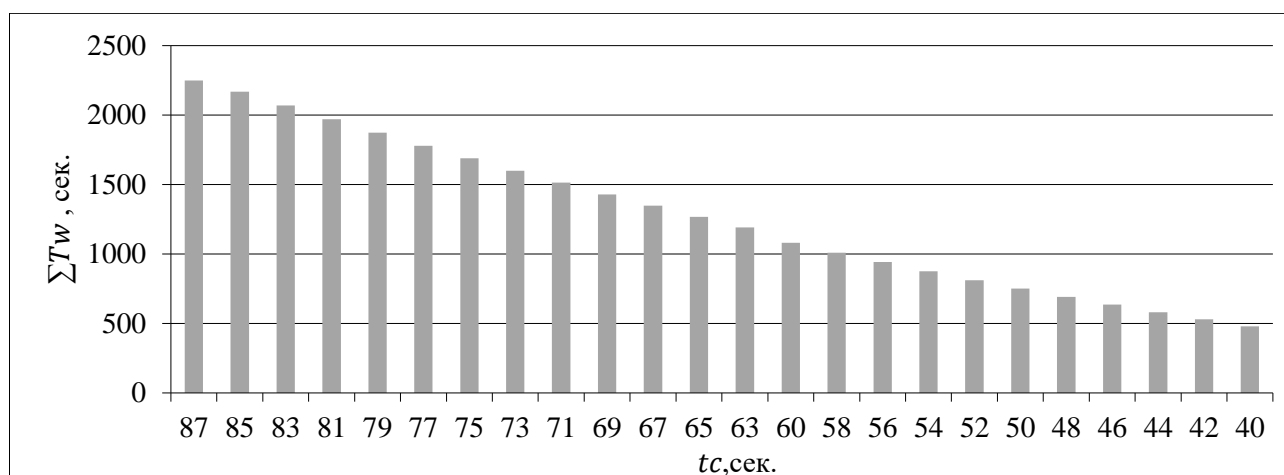


Фиг. II.2.8 Изменение на времето за чакане в зависимост от продължителността на цикъла за Поток 4

Според данните от проведените измервания се установи, че оптималният цикъл при тези условия на движение е 40 секунди, при което имаме минимално сумарно време за чакане около 500 автомобилосекунди за един цикъл на светофарната уредба за всички автомобили, които чакат, за да преимнат. Обобщените резултати са онагледени в таблица II.2.8 и на фигура II.2.9.

Таблица II.2.8 Обобщени резултати за изменението на времето за чакане при промяна продължителността на цикъла за всички потоци на разглежданото кръстовище

t_c ,сек.	A_Q	$\sum T_w$, сек.
87	78	2250
85	77	2169
83	75	2068
81	73	1969
79	71	1873
77	69	1780
75	67	1688
73	66	1599
71	64	1513
69	62	1429
67	60	1347
65	58	1268
63	57	1191
60	54	1080
58	52	1009
56	50	941
54	48	875
52	47	811
50	45	750
48	43	691
46	41	635
44	39	581
42	38	529
40	36	480



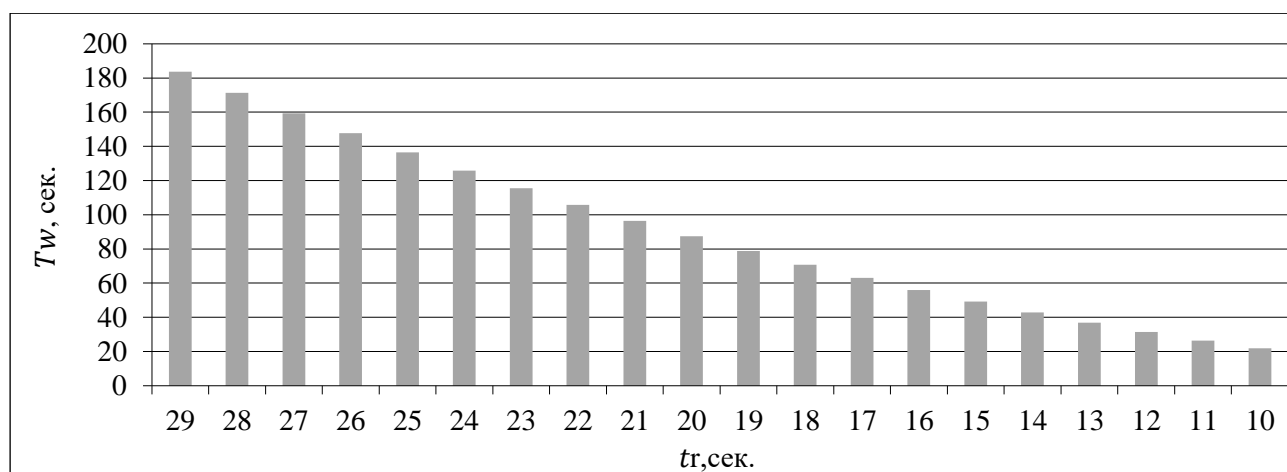
Фиг. II.2.9 Изменение на сумарното време за чакане в зависимост от продължителността на цикъла

При определената продължителност на цикъла се пресмятат оптималните времена за червен и зелен сигнал при отделните фази, от начална стойност 29 секунди червен и 11 секунди зелен сигнал. Времената са определени съобразно отношенията на сигналите при съществуващото положение. Променяме сигналите в рамките на цикъла през една секунда.

Пресмятанията на средните стойности на броя пристигащи и преминали автомобили; средният брой чакащи автомобили и средното време за чакане за отделните потоци, са направени както при промяна на продължителността на цикъла. Резултатите за отделните потоци са представени в таблици П.2.9 за поток 1, П.2.10 за поток 2, П.2.11 за поток 3.1, П.2.12 за поток 3.2 и П.2.13 за поток 4. Същите са онагледени и на фигури П.2.10, П.2.11, П.2.12, П.2.13 и П.2.14 за съответните потоци.

Таблица П.2.9 Резултати от изчисленията при време за цикъл от 40 секунди за Поток 1

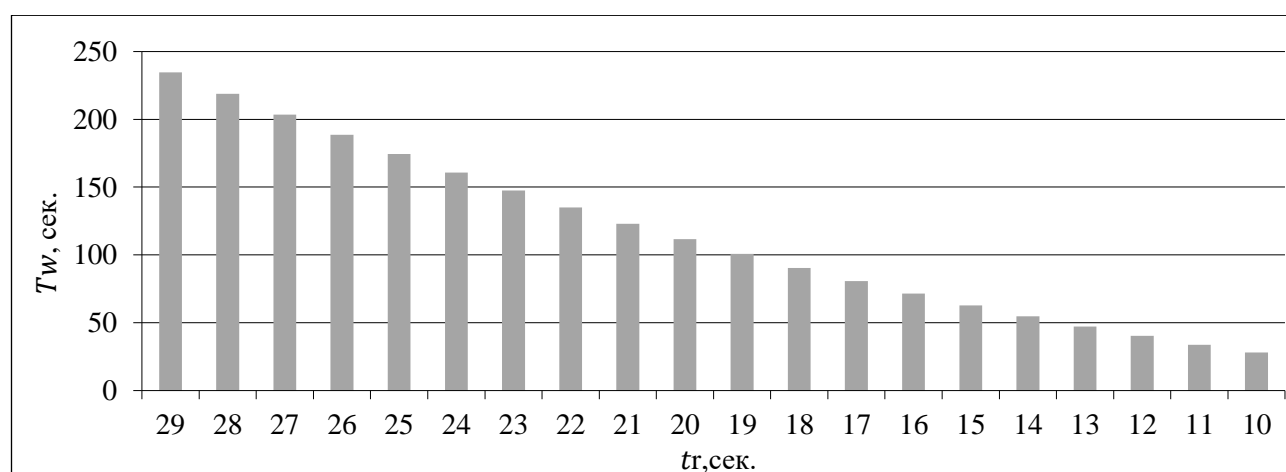
t_c ,сек.	t_r ,сек.	t_g ,сек.	A_a	A_p	A_Q	T_w , сек.
40	29	11	17,5	4,8	12,7	183,8
	28	12	17,5	5,2	12,2	171,3
	27	13	17,5	5,7	11,8	159,3
	26	14	17,5	6,1	11,4	147,7
	25	15	17,5	6,6	10,9	136,6
	24	16	17,5	7,0	10,5	125,9
	23	17	17,5	7,4	10,1	115,6
	22	18	17,5	7,9	9,6	105,8
	21	19	17,5	8,3	9,2	96,4
	20	20	17,5	8,7	8,7	87,4
	19	21	17,5	9,2	8,3	78,9
	18	22	17,5	9,6	7,9	70,8
	17	23	17,5	10,1	7,4	63,1
	16	24	17,5	10,5	7,0	55,9
	15	25	17,5	10,9	6,6	49,2
	14	26	17,5	11,4	6,1	42,8
	13	27	17,5	11,8	5,7	36,9
	12	28	17,5	12,2	5,2	31,5
	11	29	17,5	12,7	4,8	26,4
	10	30	17,5	13,1	4,4	21,9



Фиг. П.2.10 Изменение на времето за чакане в зависимост от продължителността на червения сигнал при продължителност на цикъл от 40 секунди за Поток 1

Таблица II.2.10 Резултати от изчисленията при време за цикъл от 40 секунди за Поток 2

t_c ,сек.	t_r ,сек.	t_g ,сек.	A_a	A_p	A_Q	T_w , сек.
40	29	11	22.3	6.1	16.2	234.6
	28	12	22.3	6.7	15.6	218.7
	27	13	22.3	7.3	15.1	203.4
	26	14	22.3	7.8	14.5	188.6
	25	15	22.3	8.4	14.0	174.4
	24	16	22.3	8.9	13.4	160.7
	23	17	22.3	9.5	12.8	147.6
	22	18	22.3	10.0	12.3	135.0
	21	19	22.3	10.6	11.7	123.0
	20	20	22.3	11.2	11.2	111.6
	19	21	22.3	11.7	10.6	100.7
	18	22	22.3	12.3	10.0	90.4
	17	23	22.3	12.8	9.5	80.6
	16	24	22.3	13.4	8.9	71.4
	15	25	22.3	14.0	8.4	62.8
	14	26	22.3	14.5	7.8	54.7
	13	27	22.3	15.1	7.3	47.2
	12	28	22.3	15.6	6.7	40.2
	11	29	22.3	16.2	6.1	33.8
	10	30	22.3	16.7	5.6	27.9



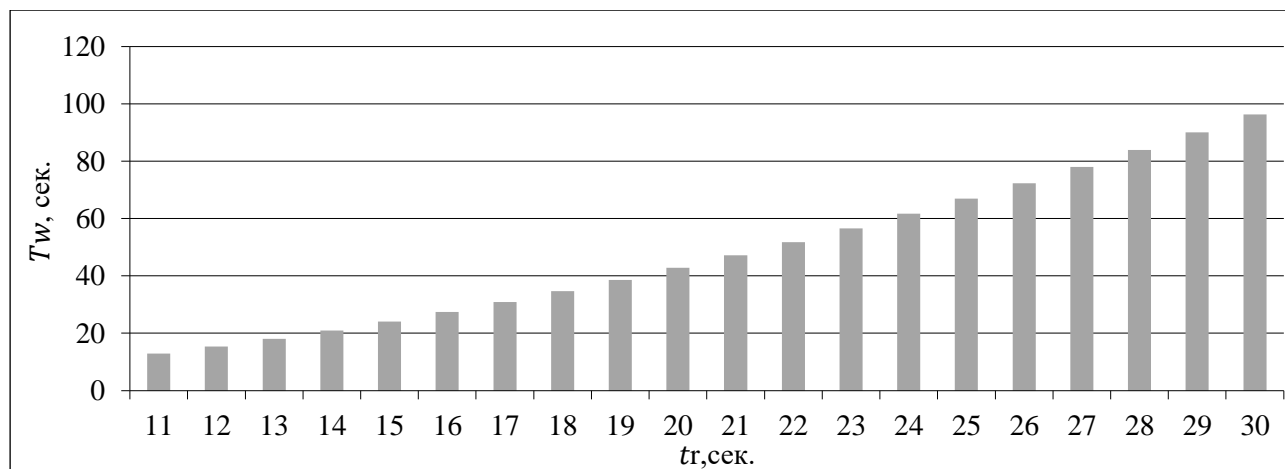
Фиг. II.2.11 Изменение на времето за чакане в зависимост от продължителността на червения сигнал при продължителност на цикъл от 40 секунди за Поток 2

Прави впечатление, че стойностите на минимално постигнато време за чакане на транспортните потоци 1 и 2 се постига при 30 секунди време за зелен сигнал и 10 секунди време за червен сигнал към тях. При това времето за чакане е съответно около 22 автомобилосекунди за Поток 1 и около 28 автомобилосекунди за чакащите автомобили от Поток 2. На противоположната страна при разпределението на сигналите се намират стойностите на времето за чакане на Поток 3.1, които за тези стойности на разпределение на сигналите

показват, че автомобилите от този поток чакат около 96 автомобилосекунди за един цикъл на светофарната уредба.

Таблица II.2.11 Резултати от изчисленията при време за цикъл от 40 секунди за Поток 3.1

t_c ,сек.	t_r ,сек.	t_g ,сек.	A_a	A_p	A_Q	T_w , сек.
40	11	29	8.6	6.2	2.4	12.9
	12	28	8.6	6.0	2.6	15.4
	13	27	8.6	5.8	2.8	18.1
	14	26	8.6	5.6	3.0	21.0
	15	25	8.6	5.4	3.2	24.1
	16	24	8.6	5.1	3.4	27.4
	17	23	8.6	4.9	3.6	30.9
	18	22	8.6	4.7	3.9	34.7
	19	21	8.6	4.5	4.1	38.6
	20	20	8.6	4.3	4.3	42.8
	21	19	8.6	4.1	4.5	47.2
	22	18	8.6	3.9	4.7	51.8
	23	17	8.6	3.6	4.9	56.6
	24	16	8.6	3.4	5.1	61.6
	25	15	8.6	3.2	5.4	66.9
	26	14	8.6	3.0	5.6	72.3
	27	13	8.6	2.8	5.8	78.0
	28	12	8.6	2.6	6.0	83.9
	29	11	8.6	2.4	6.2	90.0
	30	10	8.6	2.1	6.4	96.3

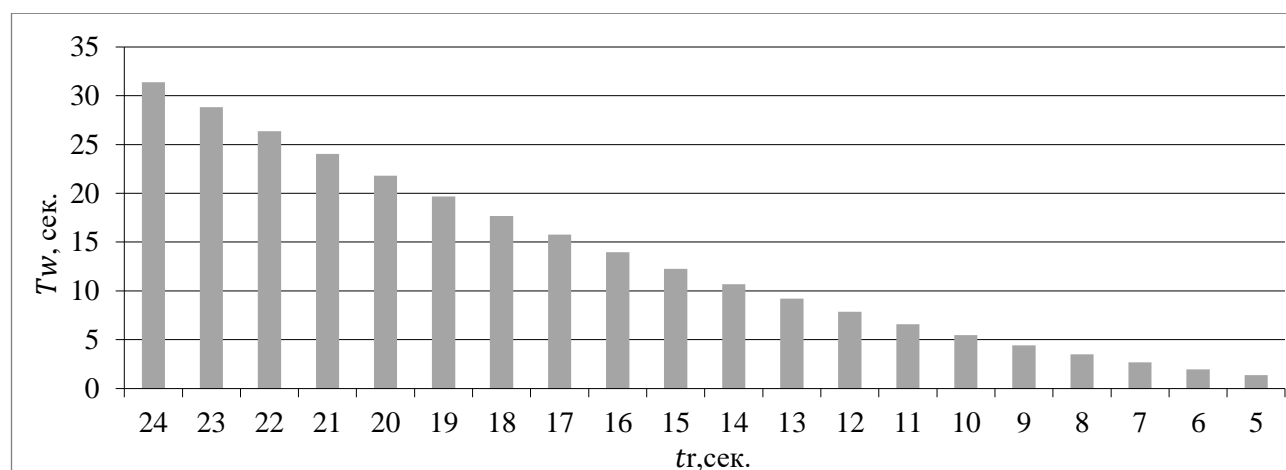


Фиг. II.2.12 Изменение на времето за чакане в зависимост от продължителността на червения сигнал при продължителност на цикъл от 40 секунди за Поток 3.1

Резултатите относно времето за чакане на Поток 3.2 показват, че минимума на времето за чакане на автомобилите от този транспортен поток се получават при стойности за зеления сигнал от 35 секунди и 5 секунди за червен сигнал. При това се постига стойности на времето за чакане по-малко от две автомобилосекунди, което на практика означава, че липсват чакащи автомобили от този транспортен поток.

Таблица II.2.12 Резултати от изчисленията при време за цикъл от 40 секунди за Поток 3.2

t_c ,сек.	t_r ,сек.	t_g ,сек.	A_a	A_p	A_Q	T_w , сек.
40	24	16	4.4	1.7	2.6	31.4
	23	17	4.4	1.9	2.5	28.8
	22	18	4.4	2.0	2.4	26.4
	21	19	4.4	2.1	2.3	24.0
	20	20	4.4	2.2	2.2	21.8
	19	21	4.4	2.3	2.1	19.7
	18	22	4.4	2.4	2.0	17.7
	17	23	4.4	2.5	1.9	15.8
	16	24	4.4	2.6	1.7	14.0
	15	25	4.4	2.7	1.6	12.3
	14	26	4.4	2.8	1.5	10.7
	13	27	4.4	2.9	1.4	9.2
	12	28	4.4	3.1	1.3	7.8
	11	29	4.4	3.2	1.2	6.6
	10	30	4.4	3.3	1.1	5.5
	9	31	4.4	3.4	1.0	4.4
	8	32	4.4	3.5	0.9	3.5
	7	33	4.4	3.6	0.8	2.7
	6	34	4.4	3.7	0.7	2.0
	5	35	4.4	3.8	0.5	1.4

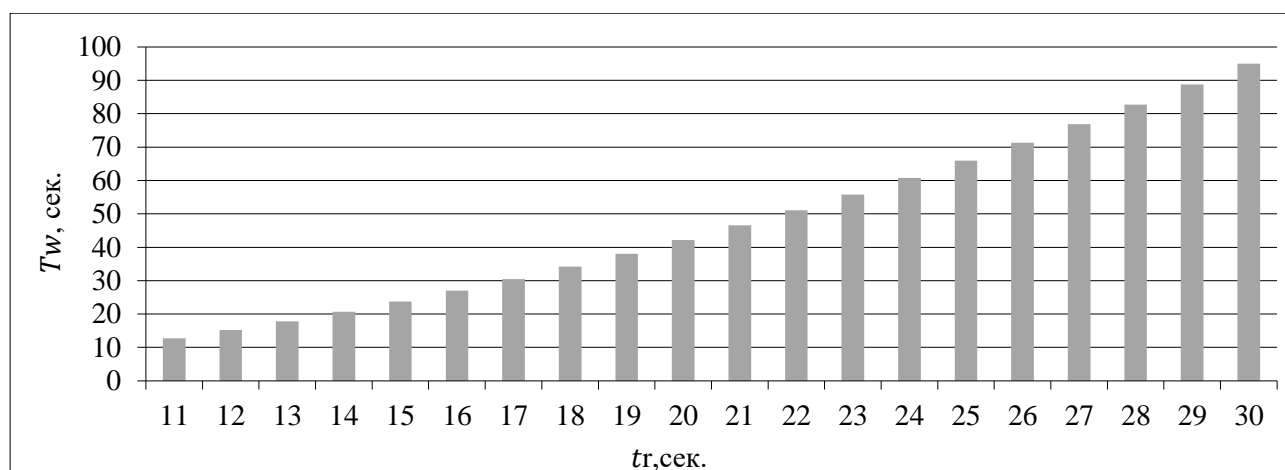


Фиг. II.2.13 Изменение на времето за чакане в зависимост от продължителността на червения сигнал при продължителност на цикъл от 40 секунди за Поток 3.2

Анализът на резултатите за Поток 4 показват, че при него се запазва зависимостта валидна за транспортен поток 3.1, което е обяснимо с вида на фазите на пропускането на транспортните потоци през кръстовището. При разпределението на съответните сигнали минимума на времето за чакане се постига при време за зелен сигнал от 29 секунди и време за червен сигнал от 11 секунди, при което имаме около 13 автомобилосекунди време за чакане за всеки цикъл на светофарната уредба на автомобилите, чакащи от този транспортен поток.

Таблица II.2.13 Резултати от изчисленията при време за цикъл от 40 секунди за Поток 4

t_c ,сек.	t_r ,сек.	t_g ,сек.	A_a	A_p	A_Q	T_w , сек.
40	11	29	8.4	6.1	2.3	12.8
	12	28	8.4	5.9	2.5	15.2
	13	27	8.4	5.7	2.7	17.8
	14	26	8.4	5.5	3.0	20.7
	15	25	8.4	5.3	3.2	23.7
	16	24	8.4	5.1	3.4	27.0
	17	23	8.4	4.9	3.6	30.5
	18	22	8.4	4.6	3.8	34.2
	19	21	8.4	4.4	4.0	38.1
	20	20	8.4	4.2	4.2	42.2
	21	19	8.4	4.0	4.4	46.5
	22	18	8.4	3.8	4.6	51.1
	23	17	8.4	3.6	4.9	55.8
	24	16	8.4	3.4	5.1	60.8
	25	15	8.4	3.2	5.3	65.9
	26	14	8.4	3.0	5.5	71.3
	27	13	8.4	2.7	5.7	76.9
	28	12	8.4	2.5	5.9	82.7
	29	11	8.4	2.3	6.1	88.7
	30	10	8.4	2.1	6.3	95.0



Фиг. II.2.14 Изменение на времето за чакане в зависимост от продължителността на червения сигнал при продължителност на цикъл от 40 секунди за Поток 4

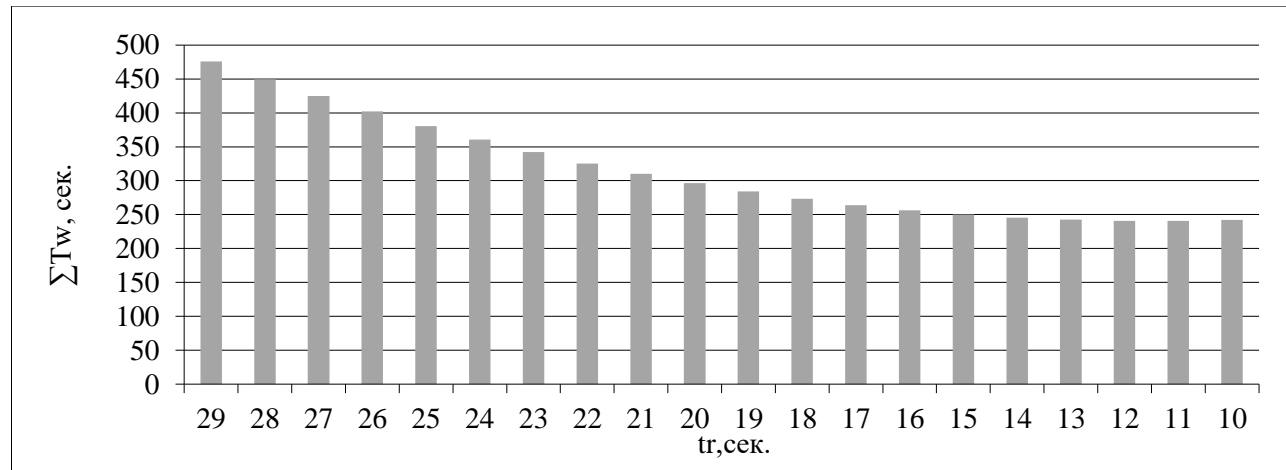
Обобщени резултати от проведените изследвания за разпределение на червените и зелените сигнали при установената оптимална продължителност на цикъла на светофарната уредба от 40 секунди са представени в таблица II.2.13 и на фигура II.2.15.

Установи се, че минимално сумарно време за чакане, е когато съществуващото съотношение на червения към зеления сигнал в направлениата ул. “Опълченска” и бул. “М. Скобелев” се промени на 13/26 секунди. Съответно

по направленията по бул. “Ал. Стамболийски” трябва да бъдат зелен сигнал 13 секунди, а червен 26 секунди.

Таблица II.2.14 Обобщени Резултати от изчисленията при време за цикъл от 40 секунди

t_c ,сек.	t_r ,сек.	t_g ,сек.	A_Q	T_w , сек.
40	29	11	36	475
	28	12	35	449
	27	13	34	424
	26	14	34	401
	25	15	33	380
	24	16	32	360
	23	17	32	342
	22	18	31	325
	21	19	30	310
	20	20	30	296
	19	21	29	283
	18	22	28	273
	17	23	27	264
	16	24	27	256
	15	25	26	250
	14	26	25	245
	13	27	25	242
	12	28	24	240
	11	29	23	240
	10	30	23	242



Фиг. II.2.15 Изменение на сумарното време за чакане в зависимост от времето на червения сигнал при продължителност на цикъл от 40 секунди.

Тъй като в разглеждания участък има трамвайно движение е извършена проверка за безпроблемното освобождаване на кръстовището от релсовите превозни средства. За целта са използвани следните формули:

$$t_g = t_m + t_{rl}^m, \text{сек. (II.2.1)}$$

$$t_m = \sqrt{\frac{[(l_m + \Delta l)(n-1) + \Delta S]}{a}} * 2, \text{сек. (II.2.2)}$$

$$t_{rl}^m = \frac{l_{rl} + l_m}{V_m}, \text{ сек.} \quad (\text{II.2.3})$$

където t_g е време за зелен сигнал, сек.;

t_m - време за освобождаване на разстоянието заето от трамвая спрял на червен сигнал или на спирка, сек;

t_{rl}^m - време за освобождаване на кръстовището, сек;

l_m - дължина на една мотриса, $l_m = 10$ м;

Δl - разстояние между две мотриси, $\Delta l = 1$ м;

ΔS - разстояние до стоп линията, $\Delta S = 2$ м;

a – ускорение на трамвая, $a = 1$ м/сек.²;

l_{rl} - ширина на кръстовището, $l_{rl} = 21$ м;

V_m - скорост на трамвая, $V_m = 35$ км/ч.

Резултатите показват, че необходимото време за зелен сигнал на трамвая е около 9.5 секунди, което е по-малко от изчислената продължителност на зеления сигнал от 13 секунди и няма да има проблеми с трамвайното движение.

Приложената оптимизация позволи намаляване на броят на чакащи автомобили от над 80 при вариант с време за цикъл от 87 секунди до 23 броя при време за цикъл от 40 секунди и съответно време за разпределение на сигналите между отделните фази. Това от своя страна намали и времето за чакане на всички транспортни потоци на кръстовището отнесени за един цикъл на светофарната уредба от над 2200 автомобилосекунди до 240, което намалява времето за чакане с над 800 часа за светлата част на денонощието, отличаваща се със сравнително висока интензивност на движението. Това води и до ползи свързани с намаляване на разхода на гориво и отделяните от транспорта вредни емисии в района на разглежданото кръстовище.

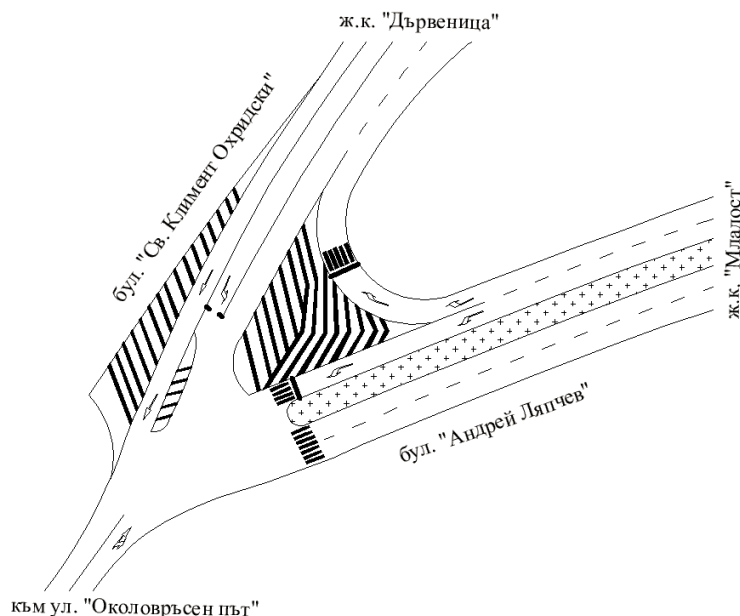
Разработения метод позволява оптимизиране на продължителността на светофарния цикъл за светофарни уредби за периоди от време, през които има рязко намаляване на интензивността на транспортните потоци.

Методът за оптимизация представлява част от цялостен алгоритъм за пресмятане на времената на фази и цикли за кръстовища с циклични изменения на интензивността на входящите транспортни потоци.

Резултатите са представени на научна конференция с международно участие по авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии Бул Транс-2009 [10].

II.2.2 Приложение на алгоритъма за изчисляване на времето за цикъл на светофарна уредба на кръстовище

Обект на изследване е триклонно Y-образно кръстовище между бул. „Св. Климент Охридски” и бул. „Андрей Ляпчев”. Схема на кръстовището е показана на фигура II.2.16.



Фиг. II.2.16 Схема на кръстовището между бул. „Св. Климент Охридски” и бул. „Андрей Ляпчев”

Целесъобразността от въвеждане на светофарна уредба на избраното кръстовище е възможно да се определи по измервания, извършени в продължение на един астрономически час, като след това се прогнозира интензивността за всеки час от денонощието с помощта на коефициента на неравномерност на интензивността по часове от денонощието (α_i) по следната формула:

$$q_i = q^* \frac{\alpha_i}{\alpha^*}, \text{ Е/ч,} \quad (\text{II.2.4})$$

където: α_i – параметър на търсения час, %;

q^* – реално измерена интензивност за определен час от денонощието, Е/ч;

α^* – коефициент на неравномерност за часа на реално измерената интензивност, %.

Коефициентите на неравномерност на интензивността за всеки час от денонощието са дадени в Таблица П.2.15.

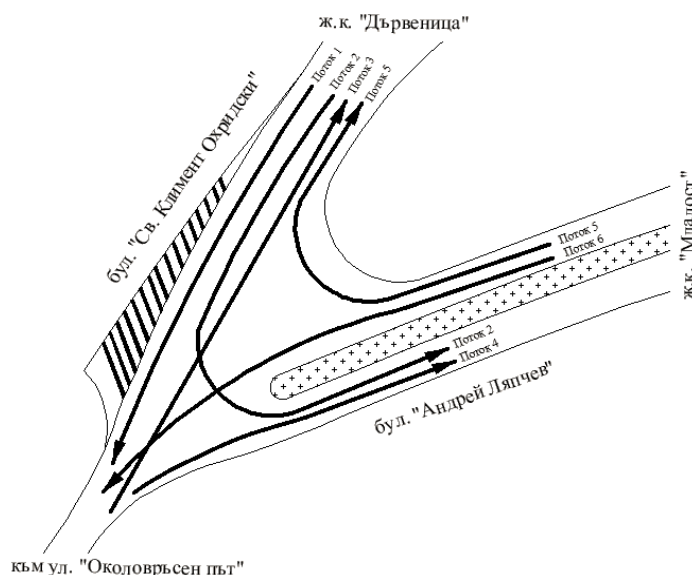
Таблица П.2.15 Коефициент на неравномерност по часове от денонощието

t_i , час	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
α_i , %	1.3	0.6	0.4	0.4	0.8	2.0	4.5	6.5	6.3	6.3	6.5	6.1
t_i , час	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
α_i , %	5.7	5.6	6.1	6.0	6.7	6.5	6.5	5.5	4.8	3.2	2.4	1.7

За разглежданото кръстовище на бул. „Св. Климент Охридски” и бул. „Андрей Ляпчев” в дните от вторник до четвъртък, в периода от 08:00 до 20:00 часа, е изследвано пътнотранспортното движение за установяване на неговата интензивност. Транспортните потоци, които преминават през кръстовището, са:

- Поток 1 – от ж.к. „Дървеница” към ул. „Околовръстен път”;
- Поток 2 – от ж.к. „Дървеница” към ж.к. „Младост”;
- Поток 3 – от ул. „Околовръстен път” към ж.к. „Дървеница”;
- Поток 4 – от ул. „Околовръстен път” към ж.к. „Младост”;
- Поток 5 – от ж.к. „Младост” към ж.к. „Дървеница”;
- Поток 6 – от ж.к. „Младост” към ул. „Околовръстен път”.

Транспортните потоци са представени графично на фигура П.2.17. Резултатите за всеки час от периода на изследване са показани в Таблица П.2.16. Предвид поставените критерии за това в [12], разгледани в точка П.1.2 се вижда, че използването на светлинни сигнали за разглежданото кръстовище е целесъобразно от гледна точка на интензивността на транспортните потоци. Освен това наблюденията на кръстовището показаха изключителната необходимост от въвеждане на друг подход при организация и регулиране на движението през този участък, което се провокира и от натрупването на опашки, които възпрепятстват и работата на кръстовищата съседство на разглежданото.



Фиг. П.2.17 Схема на транспортните потоци на кръстовището на бул. „Св. Климент Охридски“ и бул. „Андрей Ляпчев“

Таблица П.2.16 Стойности за интензивност на транспортните потоци

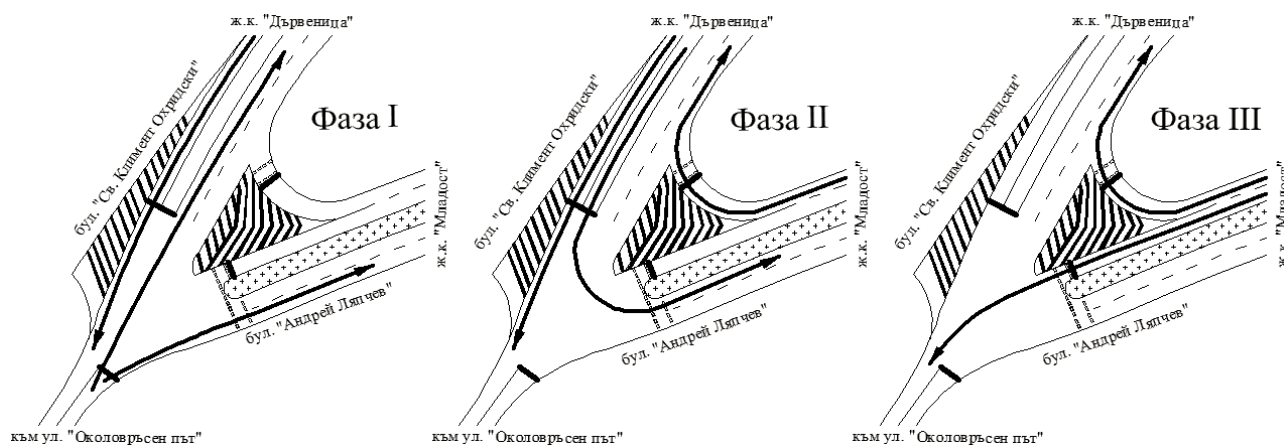
Час	Интензивност, Е/ч					
	Поток 1	Поток 2	Поток 3	Поток 4	Поток 5	Поток 6
08-09	932.00	568.00	745.00	383.00	795.00	345.00
09-10	938.00	578.00	755.00	387.00	799.00	375.00
10-11	961.59	586.03	768.65	395.16	820.24	355.95
11-12	931.06	567.43	744.25	382.61	794.20	344.65
12-13	842.39	513.39	673.37	346.17	71856	311.83
13-14	748.79	456.34	598.55	307.71	638.72	277.18
14-15	725.02	441.86	579.55	297.94	61844	268.38
15-16	690.49	420.82	551.95	283.75	588.99	255.60
16-17	734.33	447.53	586.99	301.77	626.39	271.83
17-18	757.65	461.74	605.63	311.35	64628	280.46
18-19	781.70	476.40	624.86	321.23	666.79	289.36
19-20	682.44	415.91	545.51	280.44	582.12	252.62

Получените резултати дават основание да се определят три периода от денонощието, в които може да се организира пропускане на пътнотранспортното движение с различна продължителност на цикъла на светофарната уредба. Първият период е от 8 до 13 часа, вторият период е от 13 до 17 часа и последният е от 17 до 20 часа, като за всеки от тях се определя интензивността на транспортните потоци в приведени единици за секунда (Таблица П.2.17), което е необходим параметър за последващите изчисления при изпълнение на алгоритъма за изчисляване на времето за цикъл на светофарна уредба на кръстовище.

Таблица П.2.17 Стойности за интензивност на транспортните потоци по периоди

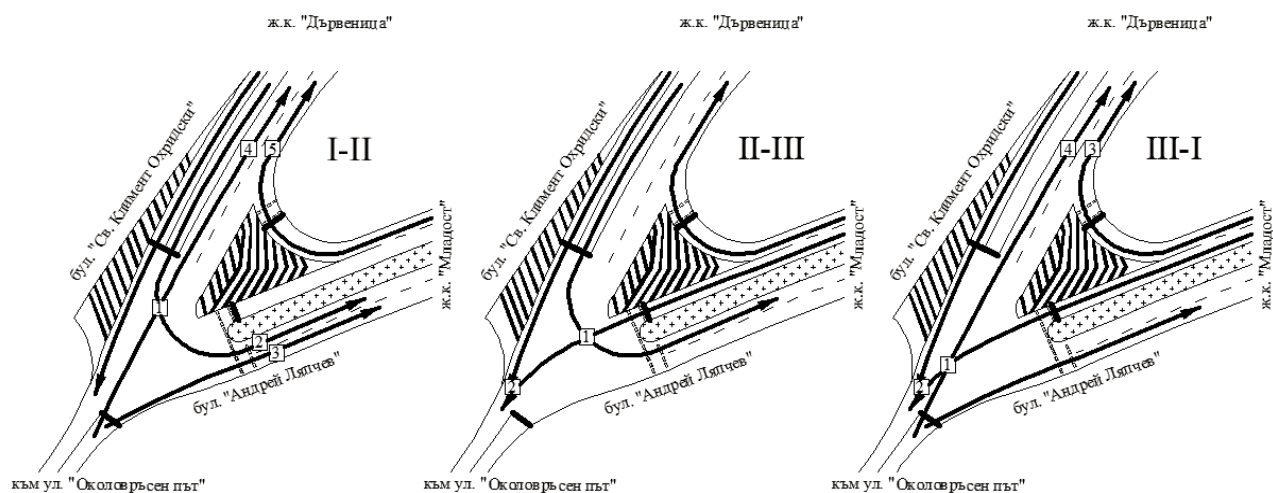
Период	Интензивност, Е/сек					
	Поток 1	Поток 2	Поток 3	Поток 4	Поток 5	Поток 6
08-13	0.26	0.16	0.20	0.10	0.22	0.09
13-17	0.20	0.12	0.16	0.08	0.17	0.07
17-20	0.21	0.13	0.16	0.08	0.18	0.08

Конфигурацията на кръстовището и стойностите за интензивността на транспортните потоци дават основание за определяне на три фази за пропускане на движението, което отговаря и на някои от по-характерните случаи на регулиране на движението показани на фигура П.1.1. Плана на фазите на пропускане на транспортните потоци на разглежданото кръстовище е показан на фигура П.2.18.



Фиг. П.2.18 План на фазите на разглежданото кръстовище

Схема на конфликтните зони при определения план на фазите е представена на фигура П.2.19. За всяка от тях се определя продължителността на междинното време. Получените резултати са онагледени в таблица П.2.18. Матрицата на междинните времена е представена в таблица П.2.19.



Фиг. П.2.19 Схема на конфликтните зони

Таблица II.2.18 Необходими данни и изчислени междинни времена

Конфл. зони	L_e , м	l_c , м	V_0 , м/сек	t_e , сек	l_a , м	a , м/сек ²	t_a , сек	t_y , сек	Δt , сек	t_t , сек
I-II										
1	25.5	6	11.1	2.84	10.4	2.5	2.88	3	1	3.95
2	35.3	6	11.1	3.72	37.0	2.5	5.44	3	1	2.28
3	35.3	6	11.1	3.72	41.0	2.5	5.73	3	1	1.99
4	65.5	6	11.1	6.44	16.0	2.5	3.58	3	1	6.86
5	68.5	6	11.1	6.71	15.3	2.5	3.50	3	1	7.21
II-III										
1	17.0	6	11.1	2.07	12.5	2.5	3.16	3	1	2.91
2	32.3	6	11.1	3.45	32.8	2.5	5.12	3	1	2.33
III-I										
1	25.0	6	11.1	2.79	10.7	2.5	2.93	3	1	3.87
2	33.0	6	11.1	3.51	32.7	2.5	5.11	3	1	2.40
3	16.5	6	11.1	2.03	38.0	2.5	5.51	3	1	0.51
4	15.5	6	11.1	1.94	65.0	2.5	7.21	3	1	-1.27

Таблица II.2.19 Матрица на междинните времена

Транспортни потоци			Потеглящи транспортни потоци							
			Фаза I			Фаза II			Фаза III	
			1	3	4	1	2	5	5	6
Освобождаващи транспортни потоци	Фаза I	1								
		3				3.95	6.86 7.21			
		4								
	Фаза II	1							2.33	
		2							2.91	
		5								
	Фаза III	5		0.51 -1.27						
		6	2.40		3.87					

Междинното време, прилежащо към съответната фаза, е най-голямата от изчислените стойности за съответните конфликтни точки. Необходимо е то да бъде цяло число в секунди. Гарантиране на получените стойности изисква закръгляне към по-голямото цяло число. Минималната продължителност на междинните времена при определената стойност на жълтият сигнал, след разрешаващ зелен сигнал от 3 секунди, която е валидна при максимална

разрешена скорост за съответния пътен участък от 50 км/ч е 3 секунди. Предвид изложените ограничителни условия прилежащите междинни времена към съответните фази са, както следва:

- за Фаза I – 8 сек;
- за Фаза II – 3 сек;
- за Фаза III – 4 сек.

Интензивността на преминаване на автомобилите през кръстовището за всяка фаза се определя по формули от II.1.6 до II.1.9. Това се извършва за потоците, които се пропускат само през съответната фаза. За фаза I това са потоци 1, 3 и 4, за фаза II това са поток 1, 2 и 5 за фаза III това са потоци 5 и 6. Резултатите от изчисленията са представени в Таблица II.2.20.

Таблица II.2.20 Интензивност на преминаване за съответните фази

	t_{pc} , сек	Δt_{bc} , сек	A_e	t_p , сек	I_{pl}^f , авт./сек	l_t	I_p^f , авт./сек
Фаза I	8	1	8	16	0.5	1	0.5
Фаза II	3	1	3	6	0.5	1	0.5
Фаза III	4	1	4	8	0.5	1	0.5

Необходимото време за зелен сигнал за всяка от фазите се определя по формула II.1.10. Интензивността на пристигане на автомобилите за всяка фаза се определя като сбор на интензивността на всеки от потоците, които се пропускат в една фаза. За разглежданото кръстовище необходимото време за зелен сигнал се определя за всеки от трите периода от денонощието. Необходимите данни и резултатите са показани в таблица II.2.21.

Таблица II.2.21 Данни за необходимото време за зелен сигнал

Период	Фази									$\sum_{i=1}^n t_{ng}^f$, сек
	Фаза I			Фаза II			Фаза III			
	I_a^f , авт./сек	I_p^f , авт./сек	I_{ng}^f , сек	I_a^f , авт./сек	I_p^f , авт./сек	I_{ng}^f , сек	I_a^f , авт./сек	I_p^f , авт./сек	I_{ng}^f , сек	
08-13	0.30	0.5	10800	0.16	0.5	5760	0.09	0.5	3240	19800
13-17	0.24	0.5	6912	0.12	0.5	3456	0.07	0.5	2016	12384
17-20	0.24	0.5	5184	0.13	0.5	2808	0.08	0.5	1728	9720

Сумата на междинните времена се изчислява по формула II.1.11. За всеки от разграничените периоди от денонощието стойностите са, както следва:

- за периода 08-13 часа – (-) 1800 сек;
- за периода 13-17 часа – 5616 сек;

- за периода 17-20 часа – 8280 сек.

Както се вижда необходимото време за зелен сигнал за първа фаза се оказва със стойност, която е по-голяма от периода на денонощието, за който се извършват изчисленията. Това провокира задължителни инфраструктурни промени на разглежданото кръстовище. В случая решението е свързано с разширяване на платното за движение на входа на кръстовището, при което да се оформят две ленти за изчакване и преминаване на транспортните потоци 3 и 4, което ще повиши двойно пропускателната способност на този клон и ще позволи приложението на разработения алгоритъм.

При така направените приемания относно осъществяване на необходимите инфраструктурни промени данните в таблица П.2.21 ще придобият стойности показани в таблица П.2.22.

Таблица П.2.22 Данни за необходимото време за зелен сигнал след осъществяване на необходимите инфраструктурни промени

Период	Фази									$\sum_{i=1}^n t_{ng}^f$, сек
	Фаза I			Фаза II			Фаза III			
	I_a^f , авт./сек	I_p^f , авт./сек	I_{ng}^f , сек	I_a^f , авт./сек	I_p^f , авт./сек	I_{ng}^f , сек	I_a^f , авт./сек	I_p^f , авт./сек	I_{ng}^f , сек	
08-13	0.30	1.0	5400	0.16	0.5	5760	0.09	0.5	3240	14400
13-17	0.24	0.5	6912	0.12	0.5	3456	0.07	0.5	2016	12384
17-20	0.24	0.5	5184	0.13	0.5	2808	0.08	0.5	1728	9720

За получените нови стойности сумата на междинните времена за всеки от разграничените периоди от денонощието стойностите са, както следва:

- за периода 08-13 часа – 3600 сек;
- за периода 13-17 часа – 5616 сек;
- за периода 17-20 часа – 8280 сек.

Броят цикли през периода, за който се извършват изчисленията, се определя по формула П.1.12. За разглежданото кръстовище стойностите са:

- за периода 08-13 часа – 240 цикъла;
- за периода 13-17 часа – 375 цикъла;
- за периода 17-20 часа – 552 цикъла.

Продължителността на цикъла на светофарната уредба за всеки от трите периода и продължителността на зеления сигнал за всяка от фазите се определя

по формули П.1.13, П.1.14 и П.1.15. Резултатите за всеки от периодите от денонощието са показани в таблица П.2.23, таблица П.2.24 и таблица П.2.25.

Таблица П.2.23 Времена за периода 08-13 часа

t_c , сек	Фаза I		Фаза II		Фаза III	
	γ_i	t_g^{fi} , сек	γ_i	t_g^{fi} , сек	γ_i	t_g^{fi} , сек
75.0	3.33	22.5	3.13	24.0	5.56	13.5

Таблица П.2.24 Времена за периода 13-17 часа

t_c , сек	Фаза I		Фаза II		Фаза III	
	γ_i	t_g^{fi} , сек	γ_i	t_g^{fi} , сек	γ_i	t_g^{fi} , сек
38.4	2.08	18.5	4.17	9.2	7.14	5.4

Таблица П.2.25 Времена за периода 17-20 часа

t_c , сек	Фаза I		Фаза II		Фаза III	
	γ_i	t_g^{fi} , сек	γ_i	t_g^{fi} , сек	γ_i	t_g^{fi} , сек
19.6	2.08	9.4	3.85	5.1	6.25	3.1

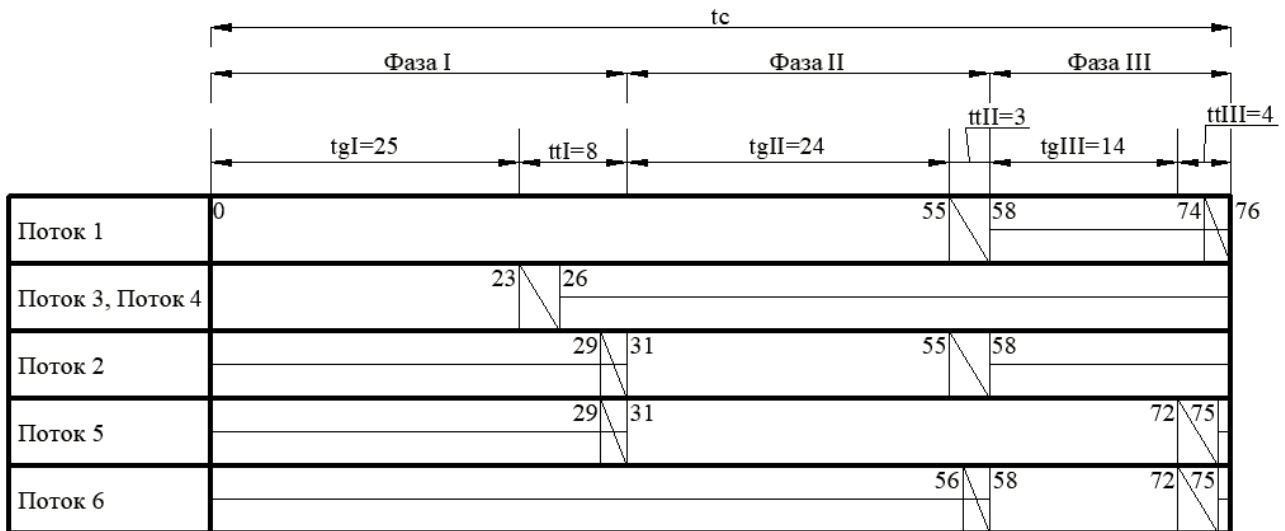
Определянето на окончателни времена за цикъл и времена за зелени сигнали се съобразява със задължителното прилагане на продължителностите с цяло число в секунди. От своя страна [12] определя продължителността на една фаза да е минимум 8 сек. В Таблица П.2.26 се представят определените стойности за продължителност на цикъла, времената за зелен сигнал и продължителността на отделните фази за всеки от разглежданите периоди от денонощието.

Таблица П.2.26 Стойности на времена за цикъл и зелени сигнали

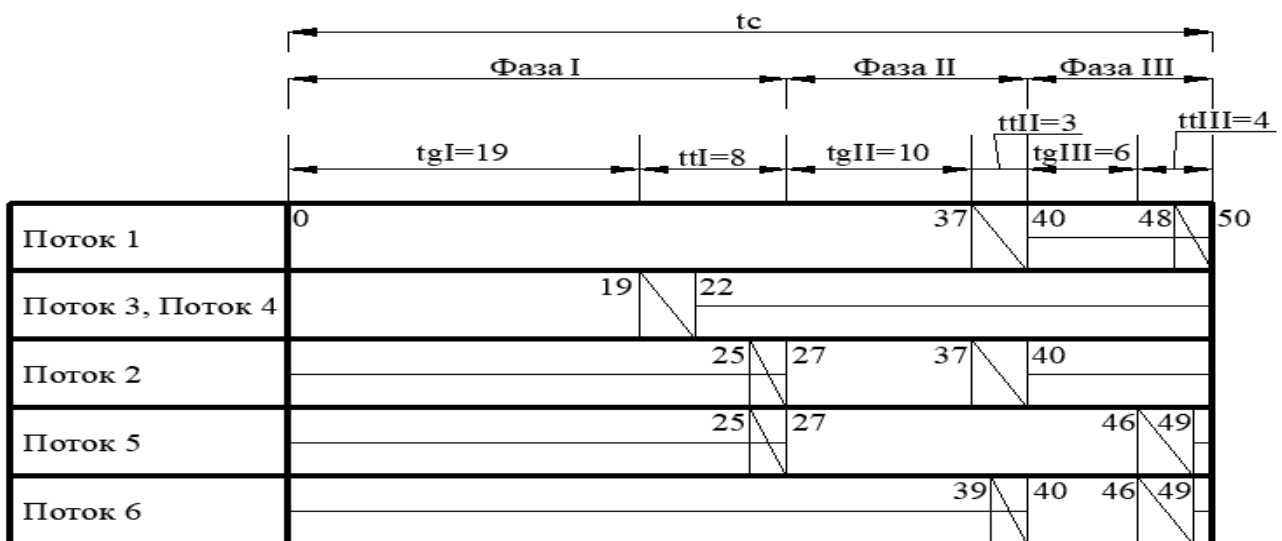
Времена, сек	Периоди от денонощието, час		
	8-13	13-17	17-20
t_c	76	50	37
t_g^{fi} за Фаза I	23	19	10
t_g^{fi} за Фаза II	24	10	6
t_g^{fi} за Фаза III	14	6	6

Определената продължителност на цикъла на светофарната уредба отговаря на изискванията на нормативните документи в Република България [12], в които се регламентира максимална продължителност на цикъла от 90 секунди при пропускане на транспортните потоци в три фази.

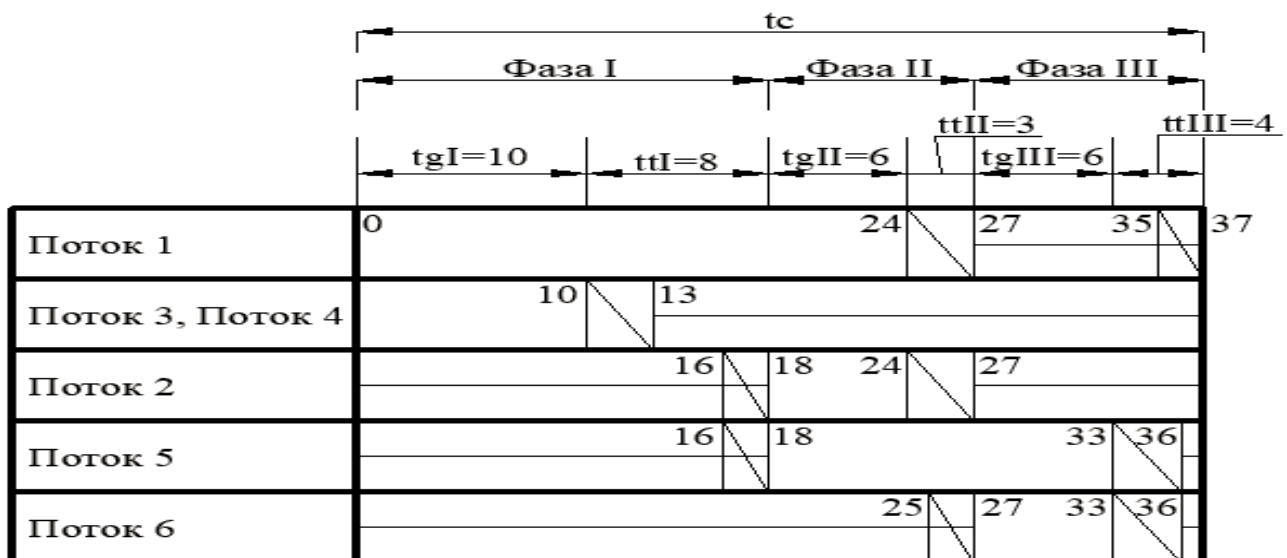
Режимът на светлинно сигналното регулиране, за всеки от периодите, е представен със съответни циклограми на фигура П.2.20, фигура П.2.21 и фигура П.2.22.



Фиг. П.2.20 Циклограма на разглежданото кръстовище за периода 08-13 часа



Фиг. П.2.21 Циклограма на разглежданото кръстовище за периода 13-17 часа



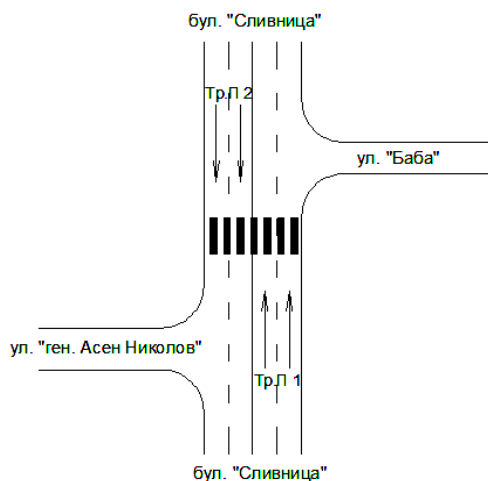
Фиг. П.2.22 Циклограма на разглежданото кръстовище за периода 17-20 часа

Представената методика успешно се прилага при провеждане на лабораторните упражнения на студентите от специалност „Технология и управление на транспорта“ [9].

II.2.3 Приложение на алгоритъма за определяне вида на преминаване на пешеходци през платното за движение при определени транспортни условия

Алгоритъма е приложен за пешеходната пътека на бул. „Сливница“ и ул. „Баба“ в гр. София. Проведени са изследвания на интензивността на транспортните и пешеходните потоци, а вземането на решение за вида на пешеходната пътека се основава на критерия минимална сумарна загуба на време (задръжката) за автомобили и пешеходци при спазване на правилата за безопасно движение.

Изследването е проведено за период от 12 часа, от 07:00 часа до 19:00 часа в ден вторник и включва преброяване на преминаващите автомобили по посоки и преброяване на преминаващите пешеходци независимо от посоката. Изследваните транспортни потоци са показани на фиг. II.2.23.

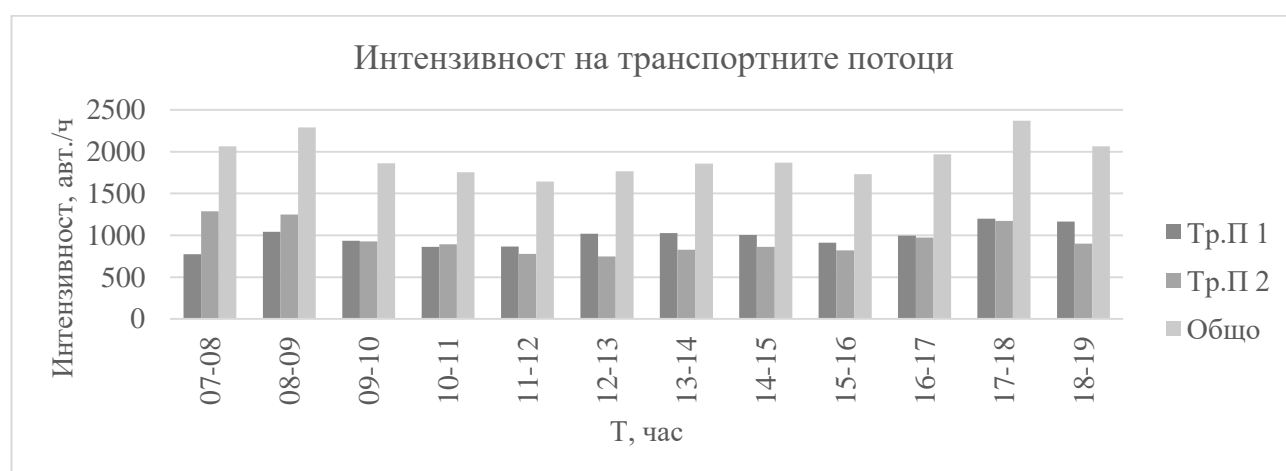


Фиг. II.2.23 Транспортни потоци на бул. „Сливница“ и ул. „Баба“

Резултатите от изследването показват високи стойности на интензивността на транспортните потоци особено в периодите от 07:00 до 10:00 часа и от 16:00 до 19:00 часа (около 2000 авт./ч в двете посоки). Стойностите на интензивността на пешеходните потоци са в границите от 3 до 15 пеш./ч, като в голяма част от периода на изследване се изменят между 4 и 7 пеш./ч. Резултатите са показани в таблица II.2.27 и фигури II.2.24 и II.2.25.

Таблица II.2.27 Интензивност на транспортните и пешеходните потоци

Час	Транспортни потоци, авт./ч			Пешеходни потоци, пеш./ч
	Гр. П 1	Гр. П 2	Общо	Общо
07-08	774	1288	2062	6
08-09	1042	1248	2290	4
09-10	936	926	1862	4
10-11	861	894	1755	5
11-12	865	779	1644	9
12-13	1020	746	1766	3
13-14	1028	828	1856	11
14-15	1005	862	1867	15
15-16	913	818	1731	3
16-17	997	971	1968	10
17-18	1198	1171	2369	7
18-19	1163	899	2062	10



Фиг. II.2.24 Интензивност на транспортните потоци



Фиг. II.2.25 Интензивност на пешеходните потоци

Изчислени са стойности за сумарната задръжка на транспортните и пешеходните потоци при пресичане на пешеходци през платното за движение за два варианта – при съществуващото положение и при повдигане на пешеходната пътека (Таблица II.2.28 и Таблица II.2.29). Сумарната задръжка се определя от

времето за преминаване на пешеходците през платното за движение, а при варианта с повдигане на пешеходната пътека се отчита и факта, че всеки автомобил се задържа при преминаването си, което е следствие на намалената скорост на движение, независимо от това преминават ли пешеходци.

Таблица П.2.28 Задръжки при съществуващото положение

Час	Тр. П 1	Тр. П 2	Общо, сек.
07-08	168.5	278.1	446.6
08-09	153.8	155.9	309.7
09-10	147.5	208.6	356.0
10-11	124.3	174.9	299.1
11-12	353.9	257.0	610.9
12-13	111.7	99.0	210.7
13-14	396.1	252.8	648.9
14-15	617.3	535.1	1152.3
15-16	107.4	86.4	193.8
16-17	309.7	231.7	541.4
17-18	204.3	345.5	549.8
18-19	339.2	320.2	659.4
Общо задръжки, сек.			5978.7
Общо задръжки, мин.			99.6
Общо задръжки, ч			1.7

Таблица П.2.29 Задръжки при повдигане на пешеходната пътека

Час	Тр. П 1	Тр. П 2	Общо, сек.
07-08	2258.3	3755.7	6014.0
08-09	2967.2	3525.5	6492.7
09-10	2674.7	2708.8	5383.4
10-11	2449.0	2588.7	5037.6
11-12	2689.4	2360.3	5049.7
12-13	2865.7	2113.2	4978.9
13-14	3171.7	2488.4	5660.1
14-15	3330.8	2862.5	6193.2
15-16	2572.5	2295.0	4867.5
16-17	3001.6	2853.4	5855.0
17-18	3438.9	3507.2	6946.1
18-19	3479.3	2747.5	6226.8
Общо задръжки, сек.			68705.1
Общо задръжки, мин.			1145.1
Общо задръжки, ч			19.1

Вижда се, че общата задръжка при варианта с пресичане на пешеходците при съществуващото положение са около 1.5 часа за периода на изследване, а при варианта с повдигане на пешеходната пътека общата задръжка е 19.1 часа, която е около 12 пъти по-голяма.

Наблюденията показаха, че пешеходците имат затруднения при преминаването си през платното за движение породено от високата интензивност на транспортните потоци и неспазването на изискването от голяма част от водачите на преминаващите автомобили, за даване на предимство на пешеходците при преминаване на пешеходна пътека от този тип.

По тази причина е разгледан вариант за внедряване на светлинно-сигнално регулиране със светофар за пешеходци с бутон за управление при следните условия:

- време за зелен сигнал за пешеходците от 6 сек;
- времето за освобождаване на платното за движение е изчислено за скорост на пешеходците от 1.1 м/сек. и е със стойност от 13 сек.;
- времето от включване на червен сигнал за автомобили до момента на включване на зелен сигнал за пешеходци е 1 сек.

При така поставените условия, времето от включване на жълт сигнал след разрешаващ движението зелен сигнал за автомобилите до момента на включване отново на зелен сигнал за автомобилите е 23 секунди. При този вариант се получават задръжки и за пешеходните потоци, които се налага да изчакат времето до включване на разрешаващ преминаването им сигнал на светофарната уредба. Резултатите са показани в таблица II.2.30.

Таблица II.2.30 Задръжки със светофар за пешеходци

Час	Гр. П 1	Гр. П 2	П	Общо, сек.
07-08	368.0	607.2	24.0	999.2
08-09	335.8	340.4	16.0	692.2
09-10	322.0	455.4	16.0	793.4
10-11	271.4	381.8	20.0	673.2
11-12	772.8	561.2	36.0	1370.0
12-13	243.8	216.2	12.0	472.0
13-14	864.8	552.0	44.0	1460.8
14-15	1347.8	1168.4	60.0	2576.2
15-16	234.6	188.6	12.0	435.2
16-17	676.2	506.0	40.0	1222.2
17-18	446.2	754.4	28.0	1228.6
18-19	740.6	699.2	40.0	1479.8
Общо задръжки, сек.				13402.8
Общо задръжки, мин.				223.4
Общо задръжки, ч				3.7

Резултатите показват, че повишаването на транспортната задръжка спрямо съществуващото положение е около 2 пъти.

Извършени са изчисления, които показват, че разликите в стойностите за задръжките при различните варианти на пресичане на платното за движение от пешеходци се запазва и при двукратно изменение на стойностите за интензивността на транспортните и пешеходните потоци.

Изследването и последващия анализ показаха следното:

1. Вариантът на пресичане при съществуващото положение е с най-ниска стойност на сумарната задръжка за изследвания период (1.7 часа).

2. Вариантът с повдигане на пешеходната пътека повишава задръжката за периода на изследване с над 12 пъти. Освен това ще се увеличи изразходваното гориво от преминаващите автомобили и отделяните вредни емисии, което е породено от необходимостта да се движат в ускорителен режим за достигане на разрешената скорост за пътния участък след намаляването ѝ за преминаване на изкуствената неравност (разходът на гориво се повишава многократно в режим на ускорение).

3. Вариантът за пресичане на пешеходците при внедряване на светлинно-сигнално регулиране със светофар за пешеходци с бутон за управление е със стойности на задръжките от 3.7 часа за изследвания период, която е около два пъти по-голяма от задръжката при съществуващото положение и с около 5 пъти по-малка от варианта с повдигане на пешеходната пътека.

Анализът на получените резултати показва, че вариантът за повдигане на пешеходната пътека не се препоръчва за реализиране на бул. „Сливница“ и ул. „Баба“.

Препоръчва се внедряване на светлинно-сигнално регулиране със светофар за пешеходци с бутон за управление. При това повишаването на стойностите на задръжките се компенсира с осигуряване на много по безопасното преминаване на пешеходците през платното за движение в сравнение с повдигнатата пешеходна пътека.

При избора на такъв вариант е добре да се предвиди възможност работата на светофарната уредба да се координира със съседната светофарна уредба на бул. „Сливница“ и ул. „Филиповско шосе“.

Оценката на вариантите може да се извърши и чрез сравнение на разходите за реконструкция и финансово остойностяване на загубата на време при строго съблюдаване на условията за безопасно преминаване на пешеходците.

Резултатите са предоставени на Столична община за оценка и реализация.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поставените високи изисквания относно организацията и регулирането на движението в градски условия, които се поставят от нарастващата интензивност на движението е необходимо да се удовлетворяват при спазване на необходимите изисквания, свързани с нормалното протичане на движението и предотвратяване на възможностите за осъществяване на прекомерни задръжки при придвижване на населението в градовете.

От тази гледна точка настоящия монографичен труд дава насоките свързани с възможностите за оптимизация на пътното движение в градски условия. Представените необходими изследвания, които трябва да се изпълняват при постигане на необходимите оптимизации дават добра основа за осъществяване на необходими разработки свързани с изследваните места от уличната мрежа. Изследванията свързани със скоростите и задръжките на транспортните потоци, транспортното натоварване, интензивността на транспортните потоци и пропускателната способност на улиците и възлите показват индивидуалния подход, който трябва да се осъществява при провеждането им в специфични за конкретни участъци условия.

Основен въпрос при осъществяване на изследванията е прилагане на подходи за тяхното автоматизирано изследване и непрекъснато следене на необходимите параметри на транспортните и пешеходните потоци. Скоростите на движение на отделните превозни средства е възможно да се отчитат с използването и на индивидуалните технически възможности на автомобилите, които задават техните производители, което наред с използването на съответните системи за позициониране дава възможност на изследователите за непрекъснат мониторинг на този показател, който освен количествен е важен качествен оценител на прилаганите в последствие решения за подобряване на движението.

Това важи и за непрекъснатият контрол, който може да бъде осъществяван по отношение на стойностите на интензивността на транспортните потоци и определяне на едновременно движещите се на територията на града. Съвременните технически средства дават отлични възможности за

осъществяването на това непрекъснато наблюдение на паркингите, интензивността на входовете и изходите на градовете и разделението на превозните средства по регистрационен номер, което натрупва необходимата информация за адекватно вземане на решения по отношение на управлението на движението и прилагането на интелигентни транспортни системи.

Монографичният труд представя в цялост и разработени конкретни алгоритми за оптимизиране на преминаването на транспортните и пешеходните потоци през кръстовища и места на пресичане на пътното платно от пешеходци. Основно в описаните подходи за решаване на породени от прекомерната промяна на показателите на пътнотранспортното движение е заложен критерий, който определя оптималното пропускане на движението през съответния участък. Той е определен във всички случаи като минималното общо време за чакане на всички участници, които са заявили желанието си да преминат. Удовлетворяването на този критерий от своя страна води и до редица ползи свързани с увеличаване на скоростта на движение, намален престой пред забраняващ преминаването сигнал, намалена работа на автомобилите на място, което намалява значително отделяните вредни емисии и изразходваното гориво. Не на последно място е постигането на относително повишени стойности на равномерното придвижване в градски условия, което води до предвидимост във всички останали сфери на обществения живот.

Разработените и представени в монографичния труд алгоритми предоставят възможност за използването им в реално време, включително и прилагането им в интелигентни транспортни системи. Това определя бъдещото развитие на управлението на движението, което се налага в големите градове по света. Град София не изостава в това отношение, за което е създаден Център за управление на трафика, който в реално време управлява множество кръстовища на територията на Столична община. Има основание да се приеме, че част от разработените от автора алгоритми, освен в този монографичен труд, могат да бъдат заложи като основа на софтуера за управление на кръстовищата в непрекъснат режим. Отчитането на необходимата входна информация,

необходима за осъществяване на тези цели се осъществява със съвременни средства за осигуряване на постоянни и своевременно данни за пътното движение, което гарантира използването на описаните подходи при оптимизиране на движението.

Изложеното показва изключително приложния характер на конкретните разработки, което винаги е била цел на автора. Представените конкретни приложения показват възможностите за подобряване управлението на движението при описаните условия.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

[1] Астинов, И., Междилен отчет за резултатите по разработката на Проект No. 102НИ172-5 на тема „Разработка на интердисциплинарна, алтернативна методика за анализ и подобряване на пропускателната способност на светофарно регулирани кръстовища в населени места“. НИС при ТУ-София, Вътрешен конкурс за научни изследвания, София, 2010.

[2] Астинов, Ил., Стоядинов С., *Системен анализ и дефиниране на типови кръстовища*. Сборник доклади на 26 международна научна конференция на МТФ, Созопол, 2010, ISSN 978-954-438- 854-6, стр. 270-274.

[3] Астинов И., Маджарски Е., Стоядинов С., Салиев Д., Младенов Г., Ковачев К., Филева П., 2011. *Изследване и подобряване на пропускателната способност на кръстовища в градски условия*, Автоматика и информатика, Година XLV, 3/2011, стр. 62-65.

[4] Вол, М., Мартин Б., 1981. *Анализ транспортных систем*, Москва, Техника.

[5] Гаврилов, А., 1980. *Моделирование дорожного движения*, Москва, Транспорт.

[6] Златанов, И., 1985. *Организация и безопасност на движението*. София, Техника.

[7] Клиновщайн, Г., 1982. *Организация дорожного движения*, Москва, Транспорт.

[8] Маджарски Е., Салиев Д., Дамянов И., Младенов Г., Пашкулски Г. *Изследване на скоростите на автомобилното движение в град София*, Научна конференция с международно участие по авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии Бул Транс-2009 - сборник доклади. Созопол, Септември 2009 г., стр. 212-214.

[9] Маджарски Е., Салиев Д., Младенов Г., 2016. *Ръководство за лабораторни упражнения по Моделиране и анализ на трафика и превозите*,

Издателство на Техническият университет – София, София, ISBN 978-619-167-211-0.

[10] Маджарски Е., Салиев Д., Младенов Г., Маркова В., *Определяне продължителността на цикъла и времената на фазите при работа на светофарната уредба през летния сезон*, Научна конференция с международно участие по авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии Бул Транс-2009 - сборник доклади. Созопол, Септември 2009 г., стр. 208-211.

[11] Наредба № 2 от 29 юни 2004г. за планиране и проектиране на комуникационно-транспортните системи на урбанизираните територии (Обн. ДВ. бр.7 от 19 Януари 2018г., попр. ДВ. бр.15 от 16 Февруари 2018г., изм. и доп. ДВ. бр.98 от 27 Ноември 2018г.).

[12] Наредба № 17 от 23.07.2001 г. за регулиране на движението по пътищата със светлинни сигнали (обн. - ДВ, бр. 72 от 17.08.2001 г.; доп., бр. 18 от 05.03.2004 г.; изм. и доп., бр. 35 от 15.05.2015 г., в сила от 18.05.2015 г.).

[13] Салиев, Д. (2013). *Моделиране на пътнотранспортното движение при на стъпване на аварийни ситуации*. Докторска дисертация, ТУ – София, София, България.

[14] Салиев Д., Маджарски Е., Младенов Д., Пенкова И., *Изследване на транспортното натоварване на многоклонно градско кръстовище*, Юбилейна научна конференция с международно участие по авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии Бул Транс-2013, 50 години Факултет по транспорта, София, Октомври 2013 г., ISSN 1313-955X, стр. 107-110.

[15] Салиев Д., Маджарски Е., Младенов Г., Свиленов Е., *Анализ на задръжките при различни варианти на пресичане на пътното платно от пешеходци*, Научна конференция с международно участие по авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии Бул Транс-2014, Созопол, Септември 2014 г., ISSN 1313-955X, стр. 231-234.

[16] Салиев Д., Маджарски Е., Младенов Г., Чилингирова М., *Анализ на интензивността на транспортните потоци на кръстовище на две нива в гр. София*, Юбилейна научна конференция с международно участие по авиационна, автомобилна и железопътна техника и технологии Бул Транс-2013, 50 години Факултет по транспорта, София, Октомври 2013 г., ISSN 1313-955X, стр. 103-106.

[17] Самойлов, Д., Юдин В., 1981. *Организация и безопасност городского движения*, Москва, Высшая школа.

[18] Сотиров, Д., 1983. *Проектиране на пътища*. София, Техника.

[19] Тодоров, С. 2012. *Развитие на обществения пътнически транспорт в гр. София*, [Електронна книга. pdf], Достъпно от www.uacg.bg/filebank/att_3212.pdf [Последен достъп 14 Април 2021].

[20] Тодоров, Т., 1982. *Градоустройство, градско движение и улици*, Техника, София.

[21] Aashtiani, H., Iravani H., 1999. *Use of intersection delay functions to improve reliability of traffic assignment model*, 14th Annual International EMME/2 Conference, Chicago, Illinois, October 22.

[22] Ahmed A., Fragonara L., 2021. *Adaptive intelligent traffic control systems for improving traffic quality and congestion in smart cities*. International Journal for Quality Research 15(1), ISSN 1800-6450, DOI – 10.24874/IJQR15.01-08, p. 139-154.

[23] Andronov R., Leverents E., 2017. *Calculation of vehicle delay at signal-controlled intersections with adaptive traffic control algorithm*. MATEC Web of Conferences Vol. 143, 04008 (2018), YSSIP-2017, <https://doi.org/10.1051/matecconf/201814304008>.

[24] Arkatkar S., 2019. *12 - India*, Global Practices on Road Traffic Signal Control Fixed-Time Control at Isolated Intersections 2019, Pages 217-242, ELSEVIER, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815302-4.00012-1>.

[25] Aronsson K., 2006. *Speed characteristics of urban streets based on driver behaviour studies and simulation*. Doctoral Thesis in Infrastructure, Royal Institute of

Technology, School of Architecture and the Built Environment, Department of Transport and Economics, Stockholm, Sweden, TRITA-TEC-PHD 06-006, ISSN 1653-4468, ISBN 13: 978-91-85539-13-0, ISBN 10: 91-85539-13-9.

[26] Arun A., etc., 2013. *Methodological Framework towards Roadway Capacity Estimation for Indian Multi-Lane Highways*, 2nd Conference of Transportation Research Group of India (2nd CTRG), Procedia - Social and Behavioral Sciences 104 (2013) 477 – 486, ELSEVIER, <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.11.141>.

[27] Bagdatli M., 2020. *Vehicle Delay Modeling at Signalized Intersections with Gene-Expression Programming*. Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems, Volume 146 Issue 9 - September 2020, <https://doi.org/10.1061/JTEPBS.0000423>.

[28] Banks, J. 1998. *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice*. John Wiley & Sons, ISBN 0-471-13403-1.

[29] Barsuk M., etc., 2020. *Choosing the Optimal Control Option for an Intelligent Transport System*. Proceedings of the XIII International Scientific Conference on Architecture and Construction 2020, Part of the Lecture Notes in Civil Engineering book series (LNCE, volume 130), p. 248-259.

[30] Calvert S., 2018. *Capacity drop through reaction times in heterogeneous traffic*, Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), Volume 5, Issue 2, April 2018, Pages 96-104, <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2017.07.008>.

[31] Chacon M., 2020. *Traffic Signals Manual*. P.E., of the Traffic Engineering Section of the Traffic Safety Division, Texas Department of Transportation http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/tff/intersection_delay_study.htm.

[32] Chalfen M., Kamińska J., 2018. *Identification of Parameters and Verification of an Urban Traffic Flow Model. A case study in Wrocław*. ITM Web of Conferences 23, 00005 (2018), XLVIII Seminar of Applied Mathematics. <https://doi.org/10.1051/itmconf/20182300005>.

[33] Choosakun A., etc., 2021. *Development of the Cooperative Intelligent Transport System in Thailand: A Prospective Approach*. Infrastructures Journal, 6(3), 36, Volume 6, Issue 3, <https://doi.org/10.3390/infrastructures6030036>.

[34] Chubukov A., etc., 2016. *Calculation of Traffic Capacity of Signaled Intersections*, 12th International Conference "Organization and Traffic Safety Management in large cities", SPbOTSIC-2016, Transportation Research Procedia 20 (2017) 125 – 131, ELSEVIER, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.01.032>.

[35] Cigánek J., 2017. *Modeling and optimal dynamic control of traffic junction using waiting time minimization*. 2017 Intl Conf. on Advanced Control Circuits Systems (ACCS) Systems & 2017 Intl Conf. on New Paradigms in Electronics & Information Technology (PEIT), DOI: 10.1109/ACCS-PEIT.2017.8303001.

[36] Cools M., etc., 2010. *Assessing the Impact of Weather on Traffic Intensity*. Weather, Climate, and Society, Vol. 2, No. 1 (January 2010), pp. 60-68 (9 pages), Published By: American Meteorological Society, <https://www.jstor.org/stable/24907338>.

[37] Department for Transport, 2018. *Statistical data set Average speed, delay and reliability of travel times (CGN)*. Department for Transport, UK, Last update 2021.

[38] Drop N., Garlińska D., 2021. *Evaluation of Intelligent Transport Systems Used in Urban Agglomerations and Intercity Roads by Professional Truck Drivers*. Sustainability Journal, 13(5), 2935, Volume 13, Issue 5, <https://doi.org/10.3390/su13052935>.

[39] Dzhuruk D., Zedgenizov A., 2018. *Forecasting of Traffic Intensity on Suburban Routes*. Transportation Research Procedia, Volume 36, 2018, Pages 135-140, Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.055>.

[40] Ekeocha R., Ihebom V., 2018. *The Use of Queuing Theory in the Management of Traffic Intensity*. International Journal of Sciences, Office ijSciences, vol. 7(03), pages 56-63, March, DOI: 10.18483/ijSci.1583.

[41] Elkafoury A., Abo El-Naga I., 2020. *Estimate Passenger Car Equivalent of Vehicles Performing Manoeuvre to Enter or Leave Legal and Illegal On-Street Parking*, UDC: 656.015(620), 725.381(620), DOI: [http://dx.doi.org/10.7708/ijtte.2020.10\(2\).06](http://dx.doi.org/10.7708/ijtte.2020.10(2).06).

[42] Farooq D., 2018. *Traffic Flow Analysis and Solutions to Ease Traffic Flow at Unsignalized Taxila Intersection*, Periodica Polytechnica Transportation Engineering 46(2), DOI:10.3311/PPtr.10415.

[43] Fedorko G., etc., 2015. *Development of simulation model for light-controlled road junction in the program Technomatix Plant Simulation*, Proceedings of 19th International Conference. Transport Means, Kaunas Univ Technol, Kaunas, LITHUANIA Volume: 19, DOI:10.13140/RG.2.2.29892.63368.

[44] Festag A., 2014. *Cooperative intelligent transport systems standards in europe*. IEEE Communications Magazine, DOI: 10.1109/MCOM.2014.6979970, p. 166-172.

[45] Gautam A., etc., 2016. *Estimation of PCE Values for Hill Roads in Heterogeneous Traffic Conditions*, The International Journal of Transportation Research, Volume 10, 2018 - Issue 2: Traffic Operations, <https://doi.org/10.1080/19427867.2016.1190884>.

[46] Goatin P., Rossi E., 2020. *Comparative study of macroscopic traffic flow models at road junctions*, Networks and Heterogeneous Media, AIMS-American Institute of Mathematical Sciences, 2020, 15 (2), pp.261-279, hal-02474650.

[47] Golovnin O., 2019. *Data-driven Profiling of Traffic Flow with Varying Road Conditions*. V International Conference on "Information Technology and Nanotechnology" (ITNT-2019), <http://ceur-ws.org/Vol-2416/paper20.pdf>.

[48] Guchenko M., etc., 2020. *Research of Prognostic Abilities of Local Model of Controlled Process for Traffic Forecasting*. Transportation Research Procedia, Volume 44 (2020), Pages 78–85, Elsevier, Available online at www.sciencedirect.com.

[49] Guler S., 2016. *Methodology for estimating capacity and vehicle delays at unsignalized multimodal intersections*. International Journal of Transportation Science

and Technology, Volume 5 Issue 4, December 2016, Pages 257-267, <https://doi.org/10.1016/j.ijst.2017.03.002>.

[50] Halounová L., 2013. *Relation Between Road Traffic Intensity and Urban Development in Cities of the Czech Republic*. GIS Ostrava 2013, pp 21. – 23. , 1. 2013, Ostrava.

[51] Hassan T., etc., 2021. *A review of system integration and current integrity monitoring methods for positioning in intelligent transport systems*. IET Intelligent Transport Systems, ISSN Print: 1751-956X, ISSN Web: 1751-9578, Volume 15, Issue 1, DOI: <https://doi.org/10.1049/itr2.12003>, p. 43 – 60.

[52] Hawkes A., 1965. *Delay at Traffic Intersections*. Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), Vol. 28, No. 1 (1966), pp. 202-212 (11 pages), Wiley, <https://www.jstor.org/stable/2984286>.

[53] Hamdan M., etc., 2018. *Measuring the Road Traffic Intensity using Neural Network with Computer Vision*. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, Vol. 10, No. 1, April 2018, pp. 184-190I, SSN: 2502-4752, DOI: 10.11591/ijeecs.v10.i1.pp184-190.

[54] Herty M., Klar A., 2003. *Modeling, Simulation, and Optimization of Traffic Flow Networks*. SIAM J. Sci. Comput., 25(3), 1066–1087. (22 pages), <https://doi.org/10.1137/S106482750241459X>.

[55] Jarašūniene A., 2010. *Research into intelligent transport systems (ITS) technologies and efficiency*. Transport Journal, TRANSPORT – 2007, Vol XXII, No 2, 61–67, for Quality Research 15(1) 139–154, ISSN Print: 1648-4142, ISSN Web: 1648-3480, <https://doi.org/10.1080/16484142.2007.9638100>, p. 61-67.

[56] Kalašová A., 2019. *Modelling of the Traffic Flow Basic Characteristics at the Road Network Selected Section*. Operation and Economics in Transport, University of Zilina, Communications 23 (1) A44-A53, ISSN 1335-4205 (print version) ISSN 2585-7878 (online version).

[57] Lavrenz S., etc. 2019. *Use of Maximum Vehicle Delay to Characterize Signalized Intersection Performance*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Article first published online: April 28, 2019; Issue published: January 1, 2015, Volume: 2488 issue: 1, page(s): 41-52, <https://doi.org/10.3141/2488-05>.

[58] L. d'Ouille E., McDonald J., 1988. *Optimal road capacity and the "uneconomic" region of production*, Transportation Research Part B Methodological 25(6):421-431, [https://doi.org/10.1016/0191-2615\(91\)90035-H](https://doi.org/10.1016/0191-2615(91)90035-H).

[59] Liao Y., etc., 2020. *Disparities in travel times between car and transit: Spatiotemporal patterns in cities*. Sci Rep 10, 4056 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61077-0>.

[60] Lighthill M, Whitham G., 1955. On Kinematic Waves. II. *A Theory of Traffic Flow on Long Crowded Roads*. Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences (1934-1990), 229(1178):317–345.

[61] Liu H., etc., 2018. *A New Approach for Real-Time Traffic Delay Estimation Based on Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems at the Signal Intersection*. Arabian Journal for Science and Engineering volume 44, pages 2613–2625.

[62] Loder A., etc., 2019. *Understanding traffic capacity of urban networks*, Scientific Reports volume 9, Article number: 16283 (2019), <https://www.nature.com/articles/s41598-019-51539-5>.

[63] Lu P., etc., 2020. *Measuring Passenger Car Equivalent (PCE) for Heavy Vehicle on Two Lane Highway Segments Operating Under Various Traffic Conditions*. Hindawi, Journal of Advanced Transportation, Volume 2020, Article ID 6972958, 9 pages, <https://doi.org/10.1155/2020/6972958>.

[64] Makki A., etc., 2020. *Estimating Road Traffic Capacity*, Special section on big data technology and applications in Intelligent Transportation, IEEE Access, Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2020.3040276.

[65] Mao B., etc., 2002. *Sustainability assessment of speed regulation of urban traffic*. IATSS Research, Volume 26, Issue 2. [https://doi.org/10.1016/S0386-1112\(14\)60039-X](https://doi.org/10.1016/S0386-1112(14)60039-X), p. 18-24.

[66] Margiotta R., Washburn S., 2017. *Simplified Highway Capacity Calculation Method for the Highway Performance Monitoring System*, U. S. Department of Transportation, Federal Highway Administration Office of Policy and Governmental Affairs, https://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/pubs/pl18003/hpms_cap.pdf.

[67] Middleton N., 2017. *Average driving speeds plummet in UK's major cities*. Fleet world. <https://fleetworld.co.uk/average-driving-speeds-plummet-in-uks-major-cities/>. [Последен достъп 28 Април 2021].

[68] Moore, P., 2011. *Streamlining phase intergreen measurement for traffic signal junction*. Traffic Engineering and Control, July, pp.283-285.

[69] Mugdha P., (online). *Highway Capacity: Definition, Importance, Factors and Formula*, <https://www.engineeringenotes.com/transportation-engineering/traffic-engineering/highway-capacity-definition-importance-factors-and-formula/48457> (Accessed on 16.12.2020).

[70] Muijlwijk H., 2012. *Static Traffic Assignment with Junction Modelling*, GRADUATION THESIS, University of Twente.

[71] Ni D., 2016. *Chapter 3 - Traffic Flow Characteristics II*, Traffic Flow Theory Characteristics, Experimental Methods, and Numerical Techniques 2016, Pages 37-50, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804134-5.00003-9>.

[72] Olszewski P., 1994. *Modeling Probability Distribution of Delay at Signalized Intersections*. Journal of Advanced Transportation, Vol. 28, No. 3, pp. 253 - 274, <https://doi.org/10.1002/atr.5670280306>.

[73] Pajecki R., etc., 2019. *Estimating Passenger Car Equivalent of Heavy Vehicles at Roundabout Entry Using Micro-Traffic Simulation*. Frontiers in Built Environment, Transportation and Transit Systems, <https://doi.org/10.3389/fbuil.2019.00077>.

[74] Pamuła T., 2012. *Traffic Flow Analysis Based on the Real Data Using Neural Networks*. International Conference on Transport Systems Telematics TST 2012: Telematics in the Transport Environment pp 364-371, DOI: 10.1007/978-3-642-34050-5_41.

[75] Perallos A., 2016. *Intelligent transport systems Technology and applications*. John Wiley & Sons Ltd., ISBN: 978-1-118-89478-1.

[76] Péter T., 2012. *Modeling nonlinear road traffic networks for junction control*, International Journal of Applied Mathematics and Computer Science, Vol. 22, no. 3, pp 723-732, DOI: 10.2478/v10006-012-0054-1.

[77] Preethi P., etc., 2016. *Modelling Delay at Signalized Intersections under Heterogeneous Traffic Conditions*. Transportation Research Procedia, Vol.17 (2016), pp 529 – 538, Available online at www.sciencedirect.com.

[78] Regan, M., etc. 2005. *Intelligent transport systems : safety and human factor issues*. Noble Park, Vic. : Royal Automobile Club of Victoria, ISBN: 1-875963-24-3.

[79] Richards P., 1956. *Shock Waves on the Highway*. Operations Research, 4(1):42–51.

[80] Roupail N., 1975. *Traffic Flow Theory*. Traffic Flow At Signalized Intersections, U. S. Department of Transportation, Federal Highway Administration Research and Technology, <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/operations/tft/chap9.pdf>.

[81] Saha P., etc., 2009. *Passenger Car Equivalent (PCE) of Through Vehicles at Signalized Intersections in Dhaka Metropolitan City, Bangladesh*. IATSS Research Volume 33, Issue 2, 2009, Pages 99-104, [https://doi.org/10.1016/S0386-1112\(14\)60248-X](https://doi.org/10.1016/S0386-1112(14)60248-X).

[82] Saliev D., 2017. *Calculation algorithm for cycle length of signalized intersection*. Machines, Technologies, Materials – International Scientific Journal, ISSN Print: 1313-0226, ISSN Web: 1314-507X, Year XI, Issue 1, p. 33-34.

[83] Shatnawi I., 2018. *Automated intersection delay estimation using the input–output principle and turning movement data*. International Journal of Transportation Science and Technology, Volume 7, Issue 2, June 2018, Pages 137-150, Tongji University, <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2018.04.001>.

[84] Siddique A., etc., 2012. *Effects of car involvement in congestion and road accident in Dhaka city: a study on sustainable solutions*. Proceedings of the 1st International Conference on Civil Engineering for Sustainable Development (ICCESD-2012), KUET, Khulna, Bangladesh, ISBN: 978-984-33-4247-8. DOI: 10.13140/RG.2.1.4513.5522.

[85] Sjoberg K., etc., 2017. *Cooperative Intelligent Transport Systems in Europe: Current Deployment Status and Outlook*. IEEE Vehicular Technology Magazine, DOI: 10.1109/MVT.2017.2670018, p. 89-97.

[86] Smeed R., etc., 1967. *The Road Capacity of City Centers*, Highway research and urban transportation planning in other countries, Highway Research Record, Issue Number: 169, Publisher: Highway Research Board.

[87] Statistics Netherlands, 2014. *Traffic Intensity as Indicator of Regional Economic Activity*. Statistics Netherlands, The Hague/Heerlen 2014, Available online at www.sciencedirect.com.

[88] Stoyanov P., 2018. *Investigation and Modeling of Road Traffic in the Area of Intersections in Ruse*, PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE - 2018, volume 57, book 4, FRI-2.203-2-TMS-12, Pages 164-170.

[89] Subotić M., etc., 2016. *PCE in Analysis Models of the Number of Following Vehicles on a Two-Lane Road*. International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2016, 6(1): 25 - 37, DOI: [http://dx.doi.org/10.7708/ijtte.2016.6\(1\).03](http://dx.doi.org/10.7708/ijtte.2016.6(1).03).

[90] Sun D., etc., 2007. *Calibrating Passenger Car Equivalent (PCE) for Highway Work Zones using Speed and Percentage of Trucks*, Submitted for presentation and publication at 2008 TRB Annual Meeting, TRB Paper 08-1115.

[91] Suweda I., 2016. *Time Headway Analysis to Determine the Road Capacity*, Jurnal Spektran, Vol.4, No.2, Juli 2016, <https://doi.org/10.24843/SPEKTRAN.2016.v04.i02.p09>.

[92] Telang S., etc., 2020. *Intelligent Transport System for a Smart City*. Security and Privacy Applications for Smart City Development, Part of the Studies in Systems, Decision and Control book series (SSDC, volume 308), p. 171-187.

[93] Teodorović D., Janić M., 2017. *Chapter 5 - Capacity and Level of Service*, Transportation Engineering Theory, Practice and Modeling 2017, Pages 197-292, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803818-5.00005-6>.

[94] Troutbeck R., 1986. *Average Delay at an Unsignalized Intersection with Two Major Streams Each Having a Dichotomized Headway Distribution*. Transportation Science, Vol. 20, No. 4 (November 1986), pp. 272-286 (15 pages), NFORMS, <https://www.jstor.org/stable/25768240>.

[95] Vaa T., etc., 2007. *Intelligent transport systems and effects on road traffic accidents: state of the art*. IET Intelligent Transport Systems, ISSN Print: 1751-956X, ISSN Web: 1751-9578, Volume 1, Issue 2, DOI: 10.1049/iet-its:20060081, p. 81 – 88.

[96] Vatin N., 2015. *Driver's Reaction Time in Evaluation of the Road Capacity*, Applied Mechanics and Materials (Volumes 725-726), Pages: 1212-1217, <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.725-726.1212>.

[97] Walker W., 1967. *Speed and Travel Time Measurement in Urban Areas*. Highway Transport Research Engineer, Bureau of Public Roads. p. 27-44.

[98] Wang W., etc., 2018. *Research on road traffic congestion index based on comprehensive parameters: Taking Dalian city as an example*. Advances in Mechanical Engineering, Vol. 10(6) 1–8, DOI: 10.1177/1687814018781482, journals.sagepub.com/home/ade. p. 1-8.

[99] Webster, F., 1958. *Traffic signal settings*, Road research technical paper № 39, Road research laboratory, Her Majesty's stationery office.

[100] Weintrit A., Neumann T., 2011. *Transport systems and processes Marine navigation and Safety of sea transportation*. CRC Press Taylor & Francis Group, ISBN – 13:978-0-203-15700-8.

[101] Williams B., 2008. *Intelligent transport system standards*. Artech House, ISBN – 13:978-1-59693-291-3.

[102] Wolfermann A., 2019. *4 - Germany and Austria*, Global Practices on Road Traffic Signal Control Fixed-Time Control at Isolated Intersections 2019, Pages 37-67, ELSEVIER, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815302-4.00005-4>.

[103] Xing Y., 2016. *Study on Vehicle Delay Based on the Vehicle Arriving Distribution at Entrance Lanes of Intersection*. Procedia Engineering, Volume 137, 2016, Pages 599-608, GITSS2015, Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.297>.

[104] Yi J., 2001. *Estimation of Traffic Delays and Vehicle Queues at Freeway Work Zones*. Transportation Research Board 80th Annual Meeting, Paper No. 01-2688.

[105] Yuan-Qinga W., Jing L., 2017. *Study of Rainfall Impacts on Freeway Traffic Flow Characteristics*. Transportation Research Procedia, Volume 25, 2017, Pages 1533-1543, Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.180>.

[106] Zurlinden H., etc., 2017. *Motorway Design Volume Guide, Design volumes for increased safety, reliability and productivity on motorways*, VicRoads Investment and Design Services.

[107] <http://stroitelstvo.info>. [Последен достъп 12 Април 2013]

ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ОПТИМИЗАЦИЯ НА ПЪТНОТО ДВИЖЕНИЕ В ГРАДСКИ УСЛОВИЯ

Монография

Автор: © доц. д-р инж. Дурхан Салиев

Рецензент:

© проф. д-р инж. Станимир Карапетков

© проф. д-р инж. Велизара Пенчева

Одобен: Протокол № 6/07.07.2020, ФС-ФТ, ТУ-София

Даден за печат: юли 2020 г.

Излязъл от печат: юли 2020г.

Формат 60/84/16

Поръчка № 46

ISBN : 978-619-167-409-1

Издателство и печат – Технически Университет – София
гр. София, бул. Климент Охридски 8, тел. 02 965 22 26