

УДК: 656.13.072

к.т.н., проф. Рейцен Е.А., Смоляренко А.Т.,  
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

## ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АСУДД В ГОРОДАХ

*Из системных позиций рассматривается оптимизация режимов работы АСУДД в городах, основой которых является соответствующий выбор зоны координации светофорных объектов и их количества.*

*Ключевые слова: АСУДД, светофорный объект (СО), ДТП, пропускная способность, полоса движения, динамический габарит.*

Для решения указанного вопроса, прежде всего, необходимо учитывать планировочную структуру города.

Первая научно – исследовательская работа в этом направлении была выполнена Киевским инженерно – строительным институтом по заказу ВНИИБД МВД СССР в 1974 – 1976 гг. и называлась «Исследование взаимосвязей между автоматизированными системами управления дорожным движением (АСУДД) и планировочной структурой городов».

К началу 80 – х годов нами был обобщен опыт внедрения АСУД, представленный в [1]. В 1984 г. закончена диссертация на тему «Градостроительные основы построения оптимальных АСУД (КИСИ, г. Киев, Рейцен Е.А.)». В ней были систематизированы задачи исследования по 8 направлениям, которые представлены на рис.1, для каждого из которых выделялись задачи для дальнейшего исследования.

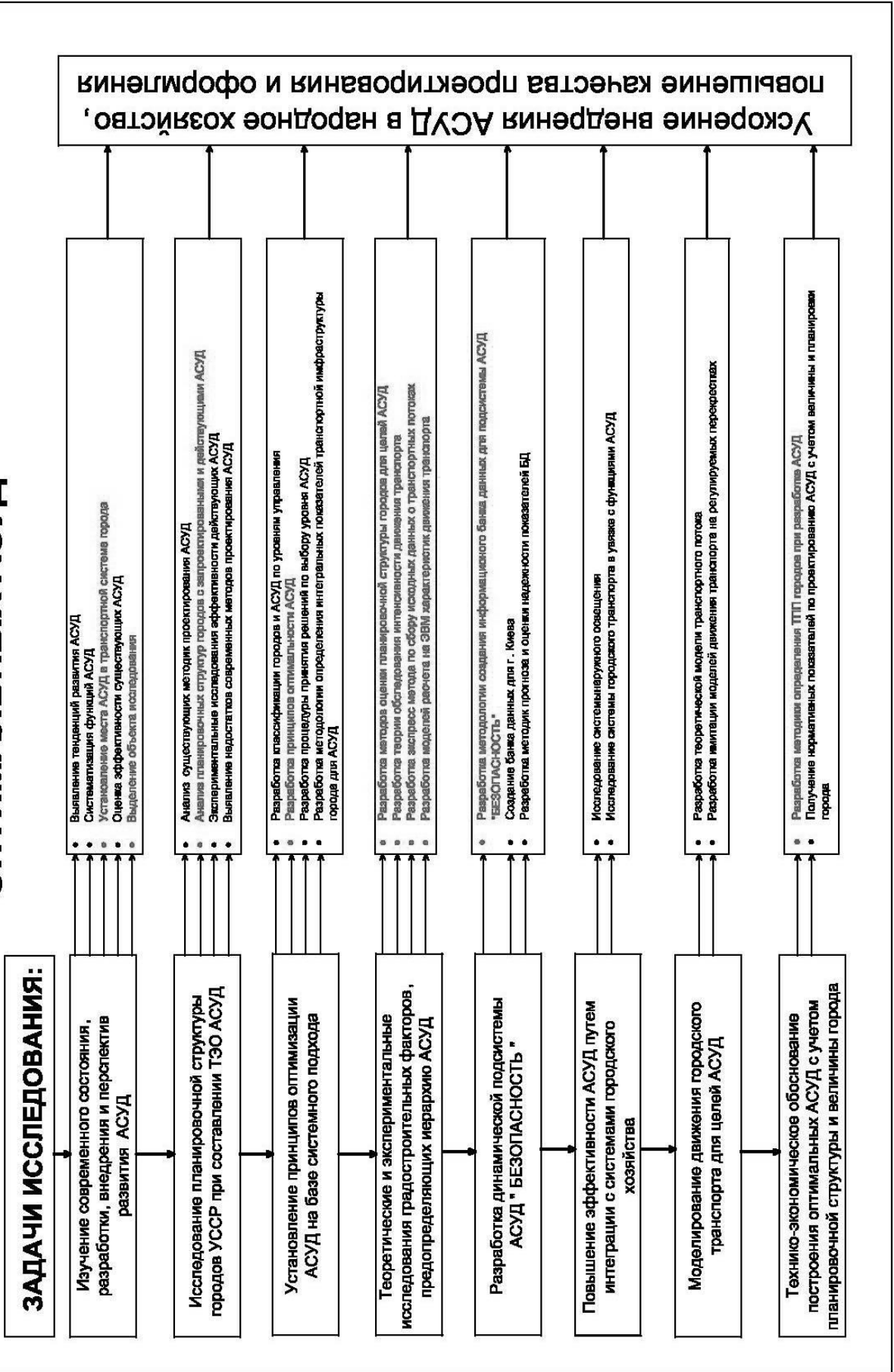
Часть из них выбрана нами для выполнения магистерской работы «Усовершенствование методов работы АСУДД в увязке с экспертной системой» (А.Т. Смоляренко, КНУБА - 2016).

Среди них:

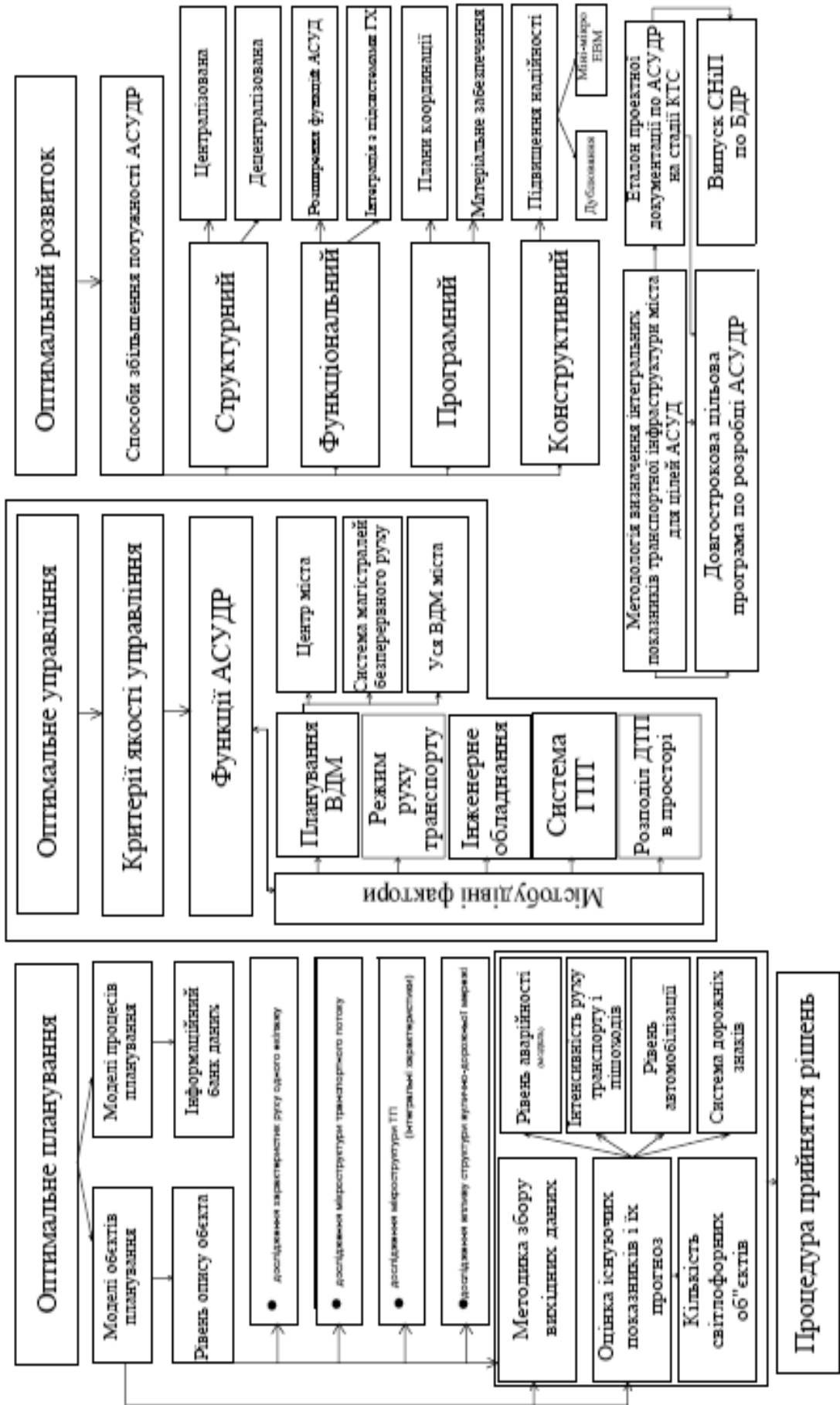
- 1.1- установление места АСУДД в транспортной системе города;
- 1.2- выделение объекта исследования;
- 1.3- анализ планировочной структуры городов;
- 1.4- разработка принципов оптимизации АСУД;
- 1.5- разработка методов оценки планировочной структуры городов;
- 1.6- и другие.

Остановимся на третьем вопросе. Принципы оптимальности в АСУД с учетом их реализации нами представлены в следующем виде (рис.2).

# ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ АСУД



## Принципи оптимізації в АСУД і їх реалізація



Одним из важных вопросов при этом является определение общего количества СО в городе и процент их включения в работу АСУД. [2]

По первому вопросу были проведены исследования [3] позволившие для Украины установить норму один СО на 4 – 6 тысяч человек населения и зависимости между количеством светофорных объектов (СО) и количеством ДТП и уровнем автомобилизации (рис. 3).

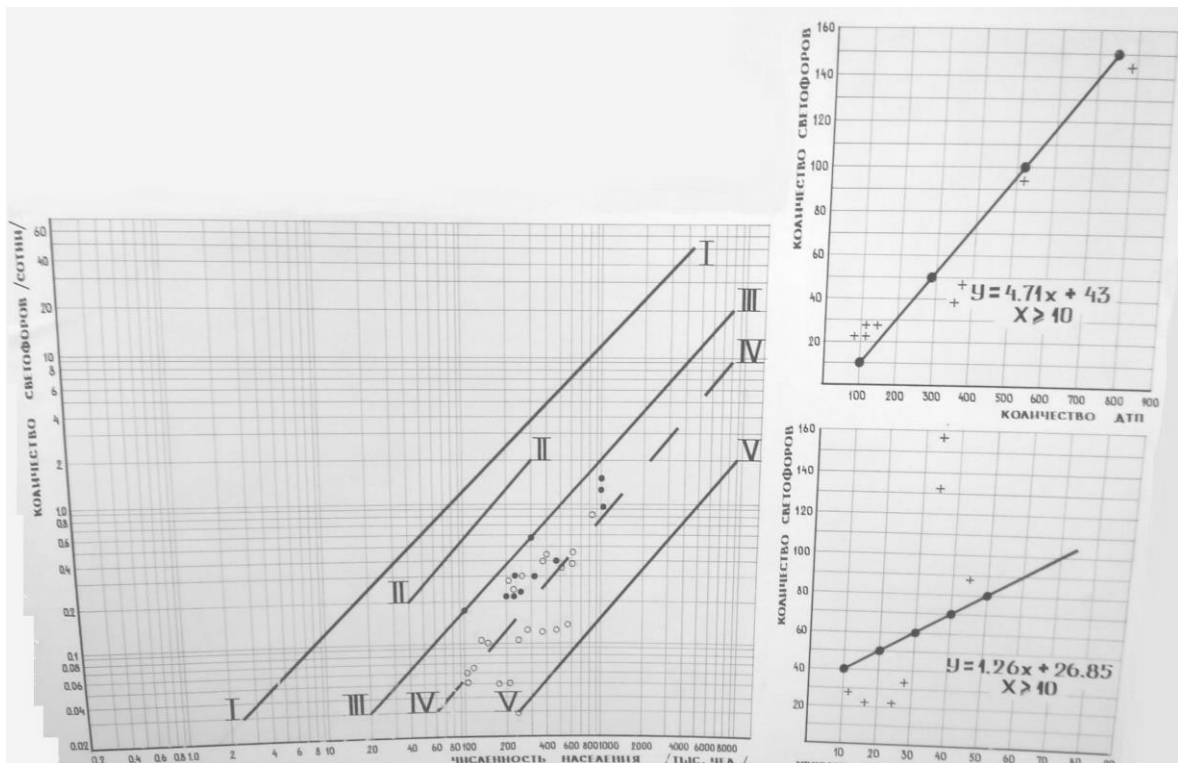


Рис. 3 Зависимость между количеством светофоров, численностью населения и ДТП

По второму вопросу не все так просто. Известно, например, что АСУД в городе будет эффективна, если в нее включить более 35 – 40% от всего количества СО в городе. Спрашивается, как при этом необходимо выделить зоны работы АСУД вдоль основных магистралей, в виде квадрата или круга.

Интересные исследования были проведены еще в 1963 г. О.К. Кудрявцевым [4], которые позволяют дать ответ на вопрос выбора начертания оптимальных зон города для включения в работу АСУД. Он установил, что при заданных предельных удаленностях обслуживаемой территории от транспортных линий необходимая плотность сети зависит от ее конфигурации. Если перейти от сети с квадратными ячейками к сети с прямоугольно-вытянутыми ячейками, оставив те же расстояния между продольными линиями сети и увеличив расстояния между поперечными, то при той же обслуженности территории плотность сети снижается и в пределе при отсутствии поперечных линий уменьшается в два раза по сравнению с

квадратной решеткой. Если принять плотность квадратной решетки за 100%, то, как показали расчеты, прямоугольно-вытянутая конфигурация ячеек сети с отношением сторон 2:1 позволит обеспечить ту же обслуженность территории при снижении плотности до 75% от плотности квадратной решетки, а при соотношении сторон 4:1 соответственно до 62%.

Названная зависимость показана на графике (рис. 4), где по оси абсцисс отложено отношение сторон прямоугольной ячейки сети  $f = y/x$  ( $y \geq x$ ), а по оси ординат плотность сети, выраженная в процентах к плотности квадратной сети,  $\Delta = ((1+f)/2f) * 100\%$ .

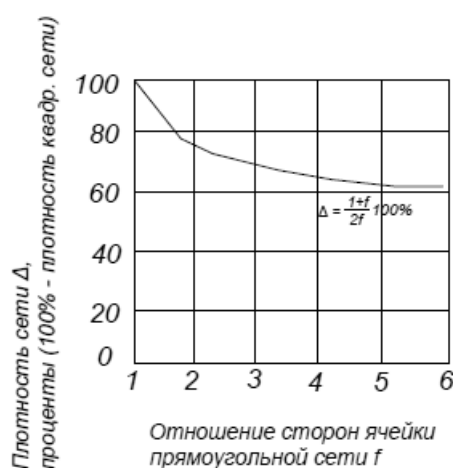


Рис. 4 График зависимости необходимой плотности прямоугольной сети от соотношения сторон ее ячеек при заданной глубине обслуживаемой территории (удаленности от транспортной линии)

Вытянутая форма ячеек транспортной сети имеет еще и то преимущество по сравнению с квадратной, что при одном и том же протяжении линий дает меньшее число пересечений. Так, если принять за 100% число пересечений при квадратной сетке, то переход к прямоугольно вытянутым ячейкам с отношением сторон 2:1 дает при той же плотности сокращение числа пересечений до 89% по сравнению с квадратной решеткой, а при соотношении сторон 4:1 соответственно – 64%. Особенно резкое сокращение числа пересечений происходит на продольных линиях. При расстояниях между поперечными линиями в 4 раза больших, чем расстояние между продольными, число пересечений на последних сокращается в 2,5 раза.

Эти отношения можно видеть на графике рис.5, где общее число пересечений на сети выражается кривой

$\lambda = (4f)/((1+f)^2) * 100\%$ , а число пересечений на каждой продольной линии  $\lambda_n = (2 / (1+f)) * 100\%$  (за 100% приняты соответствующие показатели квадратной решетки).

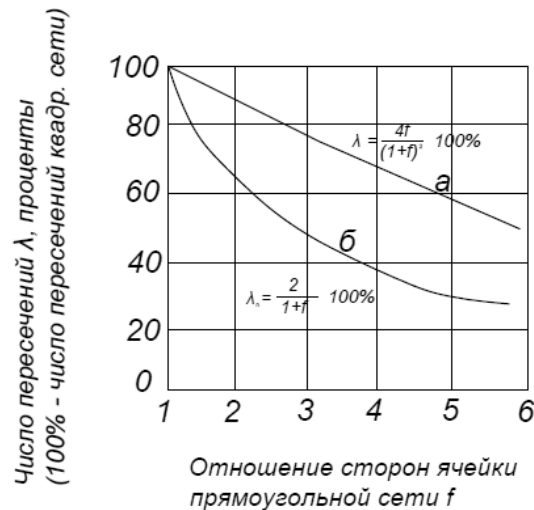


Рис. 5 График связи числа пересечений и соотношения сторон ячеек четырехугольной сети: а - общее число пересечений; б - число пересечений на каждой продольной линии

Когда определены оптимальные зоны работы АСУД в данном городе, возникает вопрос как определить эффективность их работы с учетом многополосности включенных магистралей, то есть, прежде всего, как теоретически определить предполагаемую пропускную способность самих магистралей и узлов. Существует много исследований по этому вопросу, в основу которых положена методика приведенная разнородности состава транспортного потока к приведенным (легковым экипажам). Но при этом разными авторами вводятся разные коэффициенты приведения для отдельных полос движения, более того как показано в [5, глава 5].

Пропускная способность полосы движения зависит от различных сочетаний типов динамических габаритов (экипажей) в потоке.

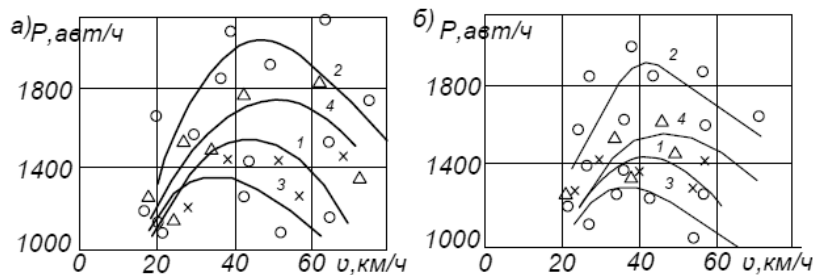


Рис. 6 Графики зависимости пропускной способности полосы движения при разных соединениях автомобилей в потоке

а) на 6 полосных дорогах; б) на 4 полосных дорогах; 1 - грузовой за грузовой; 2 - легковой за легковым; 3 - грузовой за легковым; 4 - легковой за грузовой

Таблица 1.

Число полос движения	Взаимодействующие автомобили в потоке	Скорость движения, км/ч	Дистанция, м	Максимальная пропускная способность, км/ч
Шесть	Грузовой – грузовой	42	27	1550
	Грузовой – легковой	36	26	1400
	Легковой – грузовой	47	27	1740
	Легковой - Легковой	45	21,5	2100
Четыре	Грузовой – грузовой	40	27	1480
	Грузовой – легковой	34	25	1350
	Легковой – грузовой	46	28,5	1620
	Легковой - Легковой	44	22,0	2000

Однако эти исследования касались автомобильных дорог. Нами же проведены соответствующие исследования для общегородской магистрали регулируемого движения (просп. Маяковского в городе Киеве).

Был выбран утренний час пик с 8:00 до 9:00 часов по направлению в город и при этом фиксировались разные виды динамических габаритов, и скорость их прохождения через сечение. В таблице 2 указана структура транспортного потока, распределенного по двадцатиминуткам (8:00-8:20; 8:20-8:40; 8:40-9:00) внутри выбранного часа.

Таблица 2.

Проміжки часу	Види екіпажів					Σ	%
	Легкові	Марш. таксі	Вантажні	Автобус	Тролейбус		
8.00 - 8.20	398	19	8	4	9	438	-
%	90,84	4,35	1,82	0,92	2,07	-	100
8.20 - 8.40	404	20	9	4	5	442	-
%	91,44	4,5	2,03	0,9	1,13	-	100
8.20 - 8.40	406	19	11	6	4	446	-
%	91,03	4,26	2,47	1,34	0,9	-	100
ВСЬОГО:	1208	58	28	14	18	1326	-

Как видно из таблицы процент различных типов экипажей по 20-минуткам колеблется в таких пределах:










- легковые автомобили 90,8-91,4;
- маршрутки 4,26-4,50;
- грузовые автомобили 1,80-2,47;
- автобусы 0,90-1,34;
- троллейбусы 0,90-2,05;

то есть, если общую сумму 1326 перевести в приведенные экипажи, то получим 1441, со средним коэффициентом приведения в 1,09. Однако при координации в АСУД необходимо учитывать реально существующие виды динамических габаритов, которые установлены нами в исследуемом сечении по 9 типам.

Таблица 3.

Виды транспорта	8:00-8:20	8:20-8:40	8:40-9:00	Сумма экипажей	Коэффициент Кпрв	Сумма приведенных экипажей
Легковой автомобиль	398	404	406	1208	1	1208
Маршрутка	19	20	19	58	1	58
Грузовой автомобиль	8	9	11	28	2,50	70
Автобус	4	4	6	14	3,00	42
Троллейбус	9	5	4	18	3,50	63
				$\Sigma = 1326$		$\Sigma = 1441$




Таблица 4.

Типы транспортных засобів	8.00-8.20	8.20-8.40	8.40-9.00
	187	193	190
	6	4	7
	2	5	4
	4	1	3
	9	6	7
	5	7	6
	2	1	0
	1	2	1
	3	2	5
Всього:	219	221	223



Именно от типа динамического габарита зависит скорость его прохождения через сечение магистрали. Нами получены следующие данные.

Таблица 5.

		
2,46с	2,37с	2,58с
2,65с	2,49с	2,74с
2,30с	2,58с	2,00с
2,70с	2,09с	2,15с
2,06с	2,36с	2,26с
2,43с	2,45с	2,30с
2,53с	2,03с	2,18с
2,80с	2,90с	2,04с
2,42с	3,04с	2,71с
3,05с	2,56с	2,14с
2,64с	2,89с	2,56с
2,59с	2,76с	2,62с
2,06с	2,08с	2,75с
2,59с	2,92с	2,46с
2,35с	2,67с	2,32с
2,67с	2,39с	2,41с
2,31с	2,76с	2,68с
2,29с	2,31с	2,53с
2,08с	2,92с	2,39с
2,49с	3,06с	2,17с
2,92с	2,03с	2,31с
2,61с	2,63с	2,61с
2,38с	3,06с	2,70с
2,03с	2,20с	2,26с
2,80с	2,83с	2,38с
2,13с	2,50с	2,12с
2,51с	2,07с	2,70с
2,39с	3,23с	2,02с
2,43с	2,72с	1,96с
2,29с	2,60с	2,80с
73,96с	77,50с	71,85с
$73,96с/30=2,465с$	$77,50/30=2,5833с$	$71,85/30=2,395с$
$20м/2,465с=8,11м/с$	$20м/2,5833с=7,74м/с$	$20м/2,395с=8,35м/с$
$V_{ср}=29,20$ км/час	$V_{ср}=27,86$ км/час	$V_{ср}=30,06$ км/час

При регулировании в АСУД, такие данные определяются датчиками дорожного движения, заложенными под покрытие улицы или дороги. Однако при этом через сечение могут одновременно проходить несколько различных видов динамических габаритов, что значительно влияет на точность расчетов и нами будет исследовано в дальнейшем.

### Литература

1. Полукаров В.М., Кошинин Е.П., Рейцен Е.А., Автоматизированное управление дорожным движением в крупных городах, выпуск 27. - Москва, 1983. – 24 с.
2. Рейцен Є.О., Степанчук О.В., Белятинський А.О. Моделювання транспортних потоків на вулично–дорожній мережі міст // Науково – виробничий вісник. - Київ: Автошляховик України, №6 2009. – С. 31-34.
3. Рейцен Є.О., Дерех З.Д. Дослідження підвищення ефективності АСУДР в Україні / Науково – технічний вісник: Безпека дорожнього руху, №1 (2) 1999. – С. 79 – 85.
4. Кудрявцева О.К. О структуре транспортных сетей.// Проблемы советского градостроительства, №10. - 1963. – С. 38-58.
5. Красников А.Н. Закономерности движения на многополосных автомобильных дорогах. - М.: Транспорт, 1988. – 111 с.

### Анотация

В статті із системних позицій розглядається оптимізація режимів роботи АСУДР в містах, основою яких є відповідний вибір зони координації світлофорних об'єктів і їх кількості.

### Abstract

In the article a system approach considers the optimization of the operation modes traffic control signal system in cities, the basis of which is the relevant area of coordination of traffic lights objects and their quantity.