

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТЬЮ

П.В. Тихомиров¹, К.С. Кухарев²

^{1, 2} Брянский государственный инженерно-технологический университет,
г. Брянск, Россия,

¹ pro_nauka@bgitu.ru

² kk1459@ya.ru

Аннотация. Авторы статьи рассматривают различные способы, с помощью которых появляется возможность повышения эффективности систем управления улично-дорожной сетью Орловской городской агломерации. Будут рассмотрены уже существующие технологии, используемые на улицах города, и теоретически возможные способы управления.

Ключевые слова: архитектура подсистем управления, подсистема, транспортная система, улично-дорожная сеть, управление дорожным движением, светофорный объект.

WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY AND SAFETY OF ROAD NETWORK MANAGEMENT SYSTEMS

P.V. Tikhomirov¹, K.S. Kukharev²

^{1, 2} Bryansk State University of Engineering and Technology,
Bryansk, Russia

¹ pro_nauka@bgitu.ru

² kk1459@ya.ru

Abstract. The authors of the article consider various ways in which it becomes possible to increase the efficiency of the management systems of the Oryol urban agglomeration's road network. The existing technologies used on the streets of the city and theoretically possible management methods will be considered. The control programs at individual traffic light facilities installed in the city and their principles of operation, as well as ways to increase throughput with their help, are considered in detail. The pros and cons of each method are described in detail.

Keywords: architecture of control subsystems, subsystem, transport system, road network, traffic management, traffic light facility.

Введение

Город Орел находится в Центральном Федеральном Округе Российской Федерации, административный центр Орловской области. Население город (по данным на 2023 год) – 311 тысяч человек. Площадь – 127 квадратных километров. Город насчитывает более 500 улиц и переулков. Общая протяженность улично-дорожной сети города составляет около 300 км. В 2020 году, согласно распоряжению Министерства транспорта Российской Федерации от 25 марта 2020 г. № АК-60-р [7] на территории Орловской городской агломерации введена в эксплуатацию интеллектуальная транспортная система (ИТС) [3, 4].

Основной этап развития ИТС в Орловской городской агломерации произошел согласно распоряжению Минтранса России от 21 марта 2022 г. № АК-74-р [8].

По данным Росстата в городе Орле на 1000 человек приходилось 350-400 автомобилей. При этом количество полос для движения по улично-дорожной сети города Орла редко достигает и превышает количество в 4 полосы. Пропускная способность четырёхполосной дороги составляет:

1. без разделительной полосы – 2100 легковых автомобилей в час по одной полосе;
2. с разделительной полосой – 2200 легковых автомобилей в час по одной полосе.

Материал и методы

Пропускную способность оценивают путём расчёта для каждой полосы в отдельности с учётом состава потока и дорожных условий для обоих направлений движения [5].

Общая пропускная способность автомобильной магистрали с четырьмя полосами движения определяется по формуле: $P_{\Sigma} = P_1 + P_2 + P_1' + P_2'$, где P_1 , P_2 и P_1' , P_2' – пропускная способность первой и второй полос соответственно одного и другого направления движения (авт./ч) [2]. В городе Орле присутствуют проблемные участки на УДС, на которых 4 полосы для движения переходят в 2, создавая эффект «бутылочного горлышка», что в свою очередь прямо пропорционально влияет на уменьшение пропускной способности за счет увеличения плотности транспортного потока [6].

Исходя из вышесказанного специалистами ситуационного отдела ИТС города Орла проводится ряд экспериментов по увеличению пропускной способности на улично-дорожной сети. Ниже будут представлены некоторые примеры [1].

Теория/Расчет

Выделение пешеходной фазы на циклическом светофорном объекте при использовании вызывного пешеходного табло (ТВП). Были проведены экспериментальные изыскания по возможности совмещения работы на циклично работающем светофорном объекте с светофорным объектом, работающим посредством ТВП для пешеходов. Основная трудность при проведении эксперимента заключалась в том, что контроллеры для циклических светофорных объектов и контроллеры для объектов с ТВП программируются разными методами. Поэтому была применена «спящая» пешеходная фаза, сигнал о включении которой подавался после активации ТВП. Примеры циклограмм для светофорного объекта с ТВП и стандартного циклического объекта будут представлены на рисунке 1 соответственно.

Следующим шагом для улучшения проезда на отдельных перекрестках и уменьшение времени простоя была разработана управляющая программа с исключением выделенной пешеходной фазы и совмещение ее с основными транспортными. Для повышения безопасности пешеходов при переходе необходима установка дополнительных технических средств на объекте, таких как дополнительная информационная секция «ИС300-Л/П» и дополнительных секций «стрелка налево/направо» для транспортных светофоров тип Т.1п2 и Т.1л2.

Одним из наиболее действенных примеров данного эксперимента стала изменение светофорной программы на пересечении улиц Октябрьская и Андрианова города Орла.

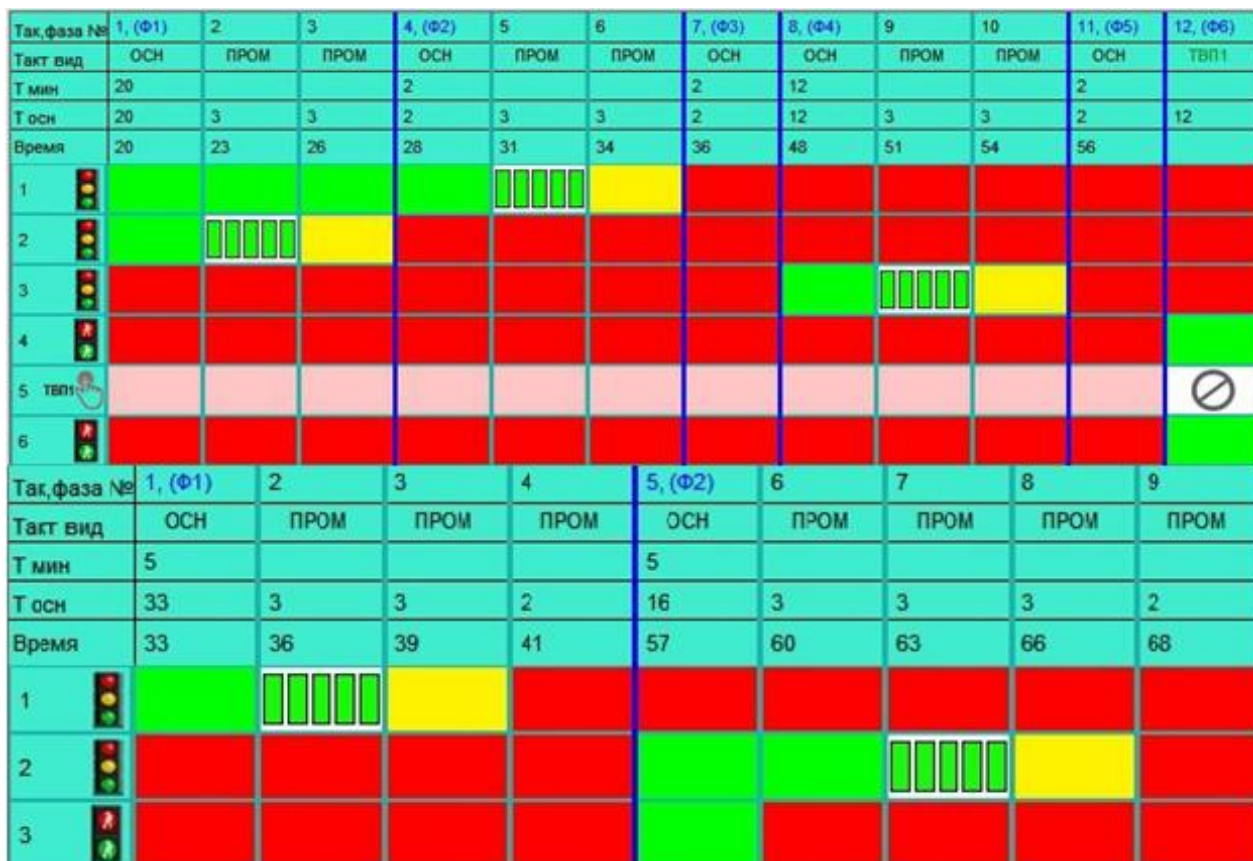


Рисунок 1 – Сравнение циклограмм с «Спящей» пешеходной программой и стандартная циклическая программа

До изменения управляющей светофорной программы средняя скорость проезда данного перекрестка, согласно данным с радиолокационных детекторов, составляла 28,16 км/ч к детектору и 35,79 км/ч от детектора. После введения измененной программы средняя скорость проезда перекрестка выросла до показателей 40,73 км/ч к детектору и 38,25 км/ч от детектора (рисунок 2).

Октябрьская ул. – Андрианова ул.			Октябрьская ул. – Андрианова ул.		
Октябрьская ул. – Андрианова ул.			Октябрьская ул. – Андрианова ул.		
Карточка			Карточка		
Видео			Видео		
Описание			Описание		
Адрес	Октябрьская ул. – Андрианова ул.		Адрес	Октябрьская ул. – Андрианова ул.	
IP адрес	10.57.24.39		IP адрес	10.57.28.71	
Количество полос	4		Количество полос	4	
Средняя скорость, км/ч	32		Средняя скорость, км/ч	33	
Дата начала	11.11.2024 12:16:42		Дата начала	11.12.2024 12:21:42	
Дата окончания	11.11.2024 12:21:42		Дата окончания	11.12.2024 12:26:42	
Наименование параметра	к датчику	от датчика	Наименование параметра	к датчику	от датчика
ТС	92	87	ТС	109	120
Средняя скорость, км/ч	28,16 км/ч	35,79 км/ч	Средняя скорость, км/ч	40,73 км/ч	38,25 км/ч
Интенсивность, расчет	594	516.8	Интенсивность, расчет	680.4	735.6
Средняя задержка в движении	0,0195 ч	0,0119 ч	Средняя задержка в движении	0,0138 ч	0,0138 ч
Временной индекс	0,39 ч	0,83 ч	Временной индекс	0,45 ч	0,57 ч
Плотность потока	9 авт/км	7 авт/км	Плотность потока	11 авт/км	7 авт/км
Уровень обслуживания	С	С	Уровень обслуживания	С	С

Рисунок 2 – Сравнение транспортных показателей, до и после введения измененной программы

Внесение изменений в действующую программу увеличило пропускную способность, благодаря чему данную схему было решено оставить на данном перекрестке.

В рамках следующего эксперимента была предпринята попытка выделения отдельной фазы пешеходной фазы на циклично работающем светофорном объекте в программу «1 в 2» (Рисунок 3). Данная программа подразумевает единовременное включение выделенной пешеходной фазы после двух последовательно отработанных транспортных фаз. Данный эксперимент можно считать неудачным, по следующим причинам:

Длительное время ожидания пешеходами разрешающего сигнала светофора для пересечения УДС;

Отсутствие времени на таймере обратного отсчета времени (ТООВ) на всех светофорных панелях (данная программа решается подключением светофорных панелей к управляющему контроллеру через разъем RS-485).

	Фаза 1					Фаза 2					Фаза 3					Фаза 4					Фаза 5			
	31					89					31					89					110			
	19	5	3	3	1	10	39	3	3	3	19	5	3	3	1	10	39	3	3	3	14	3	3	1
Направление 1	к	к	к	к	к	з	з	ж	к	к	к	к	к	к	к	з	з	ж	к	к	к	к	к	к
Направление 2	з	з	з	з	з	з	з	ж	к	з	з	з	з	з	з	з	з	ж	к	к	к	к	к	к
Направление 3	з	з	ж	к	к	к	к	к	к	з	з	ж	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к
Направление 4	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	з	ж	к	к
Направление 5	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	к	з	ж	к	к
Направление 6	к	к	к	к	к	з	з	ж	к	к	к	к	к	к	к	з	з	ж	к	к	к	к	к	к
Направление 7	к	з	з	з	з	з	з	ж	к	к	з	з	з	з	з	з	з	ж	к	к	к	к	к	к

Рисунок 3 – Циклограмма с экспериментальной программой «1 в 2»

Так как ширина УДС города Орла недостаточная, а именно от двух до четырех полос движения, были введены в опытную, а затем и в постоянную эксплуатацию, светофорные программы, предоставляющие приоритет при проезде перекрестка в прямом и поворотных направлениях. Целью проведения данных экспериментов было повышение пропускной способности при проезде перекрестков на отдельных направлениях, в местах, где затруднен поворот налево. Данные способы получили рабочие названия «задержка» и «отсечка».

«Задержка» – предоставление приоритета в проезде Х-образного перекрестка определенному направлению в начале светофорной фазы при движении прямо и налево (рисунок 5);

«Отсечка» – предоставление приоритета в проезде Т-образного перекрестка определенному направлению в конце светофорной фазы при движении прямо и налево.

Результаты и обсуждение

Данные схемы внедряются на большем количестве пересечений на УДС города Орла в связи с тем, что данный метод предполагает изменения программы взамен установки дополнительных секций «Стрелка налево». При установке дополнительных секций транспортные средства, поворачивающие налево, обязаны

дождаться разрешающего сигнала «стрелки». При отсутствии встречного потока на запрещающем сигнале дополнительной секции увеличивается число транспорта с поворотом, что создает заторовые ситуации. При организации «задержек» и «отсечек» помимо возможности для поворота в начале или в конце фазы соответственно. Дополнительно возникает возможность для поворота налево при отсутствии встречного движения ТС при разрешающем сигнале светофора.

Предоставление приоритета в проезде каждому направлению. Данный эксперимент планировался как сопоставимая и безопасная альтернатива дополнительной секции «стрелка налево» для всех направлений на Х-образном перекрестке. Суть эксперимента заключалась в создании двух светофорных неразрывно связанных программ, которые активировали бы «задержку» для каждого из направлений поочередно. Данный эксперимент оказался неудачным по причине отсутствия времени на таймере обратного отсчета времени (ТООВ) на всех светофорных панелях (данная программа решается подключением светофорных панелей к управляющему контроллеру через разъем RS-485).

Выводы

Большинство проводимых экспериментов, проводимых ситуационным отделом ИТС города Орла, оказались удачными. Было достигнуто значительное увеличение пропускной способности на отдельно взятых участках УДС и целых улицах города Орла. Дальнейшая экспериментальная работа, по увеличению пропускной способности в городе Орле, продолжается.

Список литературы

1. Беляев, Э. И., Макарова, И. В., Хабибуллин, Р. Г. Применение современных методов оптимизации транспортной системы // Инновации в науке: материалы науч.-практ. конф. / под ред. Я. А. Полонского. – Новосибирск: Сибирская ассоциация консультантов, 2012. – 110 с.
2. Дегтяренко В.Н. Автомобильные дороги и автомобильный транспорт. Ростов н/Д: Рост. гос. акад. стр-ва, 2011. – 185 с.
3. Евстегнеев, И.А. Основы создания интеллектуальных транспортных систем в городских агломерациях России. – М.: Издательство «Перо», 2021. – 294 с.
4. Жанказиев, С.В. Разработка концепции создания интеллектуальной транспортной системы на автомобильных дорогах федерального значения / С.В. Жанказиев, Д.Б. Ефименко, А.И. Воробьев, А. В. Багно, А.Е. Росланов // Отчет по государственному контракту № УД-47/261 от 07.10.2016 г.
5. Клинковштейн, Г.И. Организация дорожного движения / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. – М.: Транспорт, 2015. – 247 с.
6. ГОСТ Р 56294-2014. «Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем». Введ. 2015-07-01.
7. Распоряжение Министерства транспорта Российской Федерации от 25 марта 2020 г. n АК-60-р «Об утверждении методики оценки и ранжирования локальных проектов в целях реализации мероприятия «Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги», 2020.

8. Методические рекомендации по разработке заявок (включая локальные проекты по созданию и модернизации интеллектуальных транспортных систем) субъектов Российской Федерации на получение иных межбюджетных трансфертов из федерального бюджета бюджетами субъектов Российской Федерации в целях реализации мероприятия «Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы» (Распоряжение Минтранса РФ АК-74-р от 21.03.2022г.)

References

1. Belyaev, E. I., Makarova, I. V., Khabibullin, R. G. Application of modern methods of optimization of the transport system // Innovations in science: materials of scientific and practical conference / edited by Ya. A. Polonsky. Novosibirsk: Siberian Association of Consultants, 2012. 110 p.
2. Degtyarenko V.N. Highways and automobile transport. Rostov n/A: Rostov State Academy. Moscow, 2011. 185 p.
3. Evstegneev, I.A. Fundamentals of creating intelligent transport systems in urban agglomerations of Russia. Moscow: Pero Publishing House, 2021. 294 p.
4. Zhankaziev, S.V. Development of the concept of creating an intelligent transport system on federal highways / S.V. Zhankaziev, D.B. Efimenko, A.I. Vorobyev, A.V. Bagno, A.E. Roslanov // State Contract Report No. UD-47/261 dated 07.10.2016
5. Klinkovshtein, G.I. Organization of traffic / G.I. Klinkovshtein, M.B. Afanasyev. – M.: Transport, 2015. – 247 p.
6. GOST R 56294-2014. "Intelligent transport systems. Requirements for functional and physical architectures of intelligent transport systems". Introduction. 2015-07-01.
7. Decree of the Ministry of Transport of the Russian Federation No. AK-60-r dated March 25, 2020 "On Approval of the Methodology for evaluating and Ranking local projects in order to implement the event "Introduction of intelligent transport systems providing automation of traffic management processes in urban agglomerations, including cities with populations over 300 thousand people" within the framework of the federal project "System-wide measures for road infrastructure development" of the national project "Safe and high-quality highways", 2020.
8. Methodological recommendations for the development of applications (including local projects for the creation and modernization of intelligent transport systems) of the subjects of the Russian Federation for other inter-budgetary transfers from the federal budget to the budgets of the subjects of the Russian Federation in order to implement the event "Introduction of intelligent transport systems providing automation of traffic management processes in urban agglomerations, including cities with a population of over 300,000 people" within the framework of the federal project "System-wide measures for the development of road facilities" of the state program of the Russian Federation "Development of the Transport System" (Decree of the Ministry of Transport of the Russian Federation AK-74-r dated 03/21/2022)