

Развитие автоматизированной системы управления дорожным движением Минска как части интеллектуальной транспортной системы города

Канд. техн. наук Д. В. Капский¹⁾, Д. В. Навой¹⁾

¹⁾Белорусский национальный технический университет (Минск, Республика Беларусь)

© Белорусский национальный технический университет, 2017
Belarusian National Technical University, 2017

Реферат. Приведены результаты анализа характеристик транспортной системы г. Минска. Показано, что рост автомобилизации вызвал ряд проблем, среди которых: низкая скорость сообщения, плохие режимы движения, наличие перегрузок и повышенный уровень аварийности. Получены соответствующие показатели аварийности для Минска и некоторых городов мира, позволяющие характеризовать транспортную систему Минска как удовлетворительную. Для улучшения системы и повышения качества дорожного движения необходимо создание интеллектуальной транспортной системы города, которая, являясь общемировым трендом, позволяет кардинальным образом улучшить качество дорожного движения. Автоматизированная система управления дорожным движением и другие подсистемы в составе интеллектуальной транспортной системы – инструменты реализации целей по повышению безопасности и комфорта дорожного движения. Разработаны технологические требования к функционированию целостной системы, касающиеся уровня эффективности, в том числе и аварийности на участках улично-дорожной сети, входящих в создаваемую систему. Модернизация автоматизированной системы управления дорожным движением и ее трансформация в интеллектуальную транспортную систему позволят снизить аварийные, экономические, экологические и социальные потери в дорожном движении не менее чем на 15 % от существующего их уровня, несмотря на постоянный рост автомобилизации в городе.

Ключевые слова: дорожное движение, безопасность, интеллектуальная транспортная система, эффективность, качество, координированное регулирование

Для цитирования: Капский, Д. В. Развитие автоматизированной системы управления дорожным движением Минска как части интеллектуальной транспортной системы города / Д. В. Капский, Д. В. Навой // *Наука и техника*. 2017. Т. 16, № 1. С. 38–48. DOI: 10.21122/2227-1031-2017-16-1-38-48

Development of Automated Road Traffic Control Systems in Minsk as Part of Intellectual City Transport System

D. V. Kapskiy¹⁾, D. V. Navoy¹⁾

¹⁾Belarusian National Technical University (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The paper presents results of the analysis of characteristics for Minsk city transport system. It has been shown that an increase in automobilization has caused a number of problems such as low-speed communication, bad traffic modes, availability of overloading and higher rate of accidents. Corresponding indices for accidents in Minsk and some cities in the world have been obtained in the paper and they allow to characterize Minsk transport system as a satisfactory one. It is necessary to create an intelligent transportation system in Minsk in order to improve the system and quality of road traffic. The intelligent transportation system being a global trend enables significantly to improve road traffic quality. Automated traffic control system and other subsystems as part of the intelligent transportation systems are considered as tools for achieving the goals to improve safety and comfort of road users. The paper describes the developed technological requirements for functioning of an integrated system. These requirements concern efficiency level including accident incidence rate on the sections of street and road network included in the system which is to be created. Modernization of the automated traffic control

Адрес для переписки

Капский Денис Васильевич
Белорусский национальный технический университет
ул. Я. Коласа, 12,
220013, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.: +375 17 293-95-70
oapdd_atf@bntu.by

Address for correspondence

Kapskiy Denis V.
Belarusian National Technical University
12 Ya. Kolasa str.,
220013, Minsk, Republic of Belarus
Tel.: +375 17 293-95-70
oapdd_atf@bntu.by

system and its transformation into an intelligent transportation system make it possible to reduce accident, economic, ecologic and social costs in the road traffic not less than 15 % in comparison with the current level though continuous growth of automobilization is observed in the city.

Keywords: road traffic, road safety, intelligent transport system, efficiency, quality, coordinated regulation

For citation: Kapskiy D. V., Navoy D. V. (2017) Development of Automated Road Traffic Control Systems in Minsk as Part of Intellectual City Transport System. *Science and Technology*, 16 (1), 38–48. DOI: 10.21122/2227-1031-2017-16-1-38-48 (in Russian).

За последние 20 лет число автомобилей в Республике Беларусь увеличилось в четыре раза, превысило 3 млн единиц и продолжает расти. Мы постепенно приближаемся к среднеевропейскому уровню – порядка 500 автомобилей на 1000 жителей [1]. Сценарии развития уровней автомобилизации для г. Минска, привязанные к транспортным системам Стокгольма, Варшавы и Торонто, представлены на рис. 1.

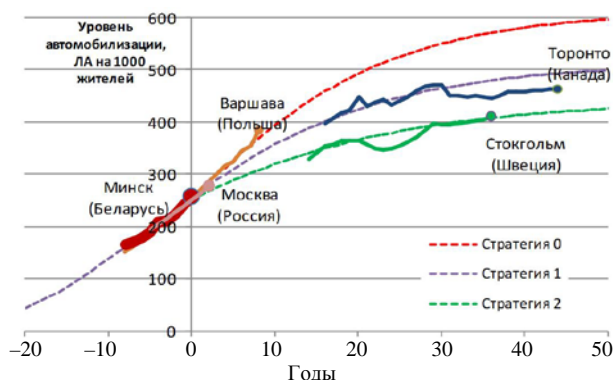


Рис. 1. Изменение уровня автомобилизации в некоторых странах [1–5]

Fig. 1. Changes in automobilization level in some countries [1–5]

Этот рост вызвал ряд проблем, связанных с увеличением нагрузки на улично-дорожную

сеть (УДС), особенно в городах. Снизилась скорость сообщения, ухудшились режимы движения, появились перегрузки, увеличились выбросы вредных веществ в атмосферу и уровень транспортного шума, возросло количество аварий. Иными словами, ухудшилось качество дорожного движения, поэтому актуальнейшей задачей является повышение этого качества. Оно определяется совокупностью основных свойств – безопасностью, экономичностью, экологичностью и социологичностью – и может оцениваться по величине потерь, под которыми понимается социально-экономическая стоимость необязательных издержек процесса движения. Эти потери достигли таких масштабов (порядка 6 млрд дол./год), что стали представлять значимую угрозу для безопасности страны [6].

Описание транспортной системы города Минска

Приведем краткую характеристику транспортной системы Минска. Уровень качества транспортных систем для разных городов мира представлен на рис. 2. Качество определено уровнем энтропии той или иной транспортной системы.

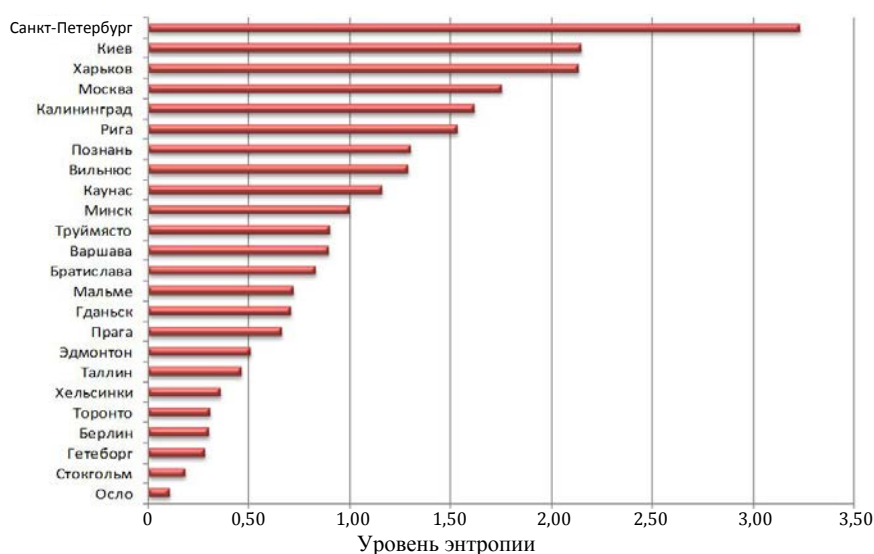


Рис. 2. Уровень качества транспортных систем

Fig. 2. Level of transport system quality

Сравнительный уровень аварийности различных городов за 2014 г., а именно количество погибших в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) на 100 тыс. жителей, представлен на рис. 3 [3–5, 7, 8].

Дорожное движение содержит аварийную, экологическую, экономическую и социальную угрозы. Для участников движения из всех угроз наиважнейшая – аварийность, поскольку она непосредственно касается их жизни, здоровья и благополучия. Поэтому борьба с аварийностью имеет большую социальную значимость и является делом государственной важности. Тем не менее ежегодно в мире погибают более 1 млн человек и около 50 млн человек получают ранения и травмы. В Республике Беларусь за последние пять лет произошло около 534,5 тыс. аварий, в которых погибли 5645 человек и получили ранения более 30,9 тыс. человек, а аварийные потери составили примерно 1,7 млрд дол. [1, 7, 9, 10].

Общие характеристики транспортной системы (ТС) г. Минска можно представить следующим образом:

стоимость активов транспорта (ТС и инфраструктура) ~4–5 млрд дол.;
 количество автомобилей ~750 тыс.;
 общий пробег транспорта ~3,5 млрд км в год;

общие транспортные издержки ~500 млн дол. в год;
 потери от регулирования ~100 млн дол. в год;
 общий расход топлива ~300 тыс. т в год;
 потери времени ~25 млн ч в год;
 вред от выбросов вредных веществ ~200 млн дол. в год;
 вред от аварийности ~100 млн дол. в год.

Рассмотрим структуру интеллектуальной транспортной системы (ИТС) Минска, которая на функциональном уровне в настоящее время представлена следующими подсистемами [11, 12]:

- автоматизированная система управления дорожным движением (АСУДД);
- автоматизированная система диспетчерского управления общественным транспортом;
- система видеонаблюдения в местах массового скопления граждан;
- система фотофиксации скоростных режимов;
- система контроля инцидентов и маршрутного ориентирования;
- система управления движением грузового транспорта;
- система управления парковочным пространством.

Интеграция подсистем в составе ИТС имеет различный уровень. Так, на рис. 4 показана глубина интеграции подсистем в составе ИТС.

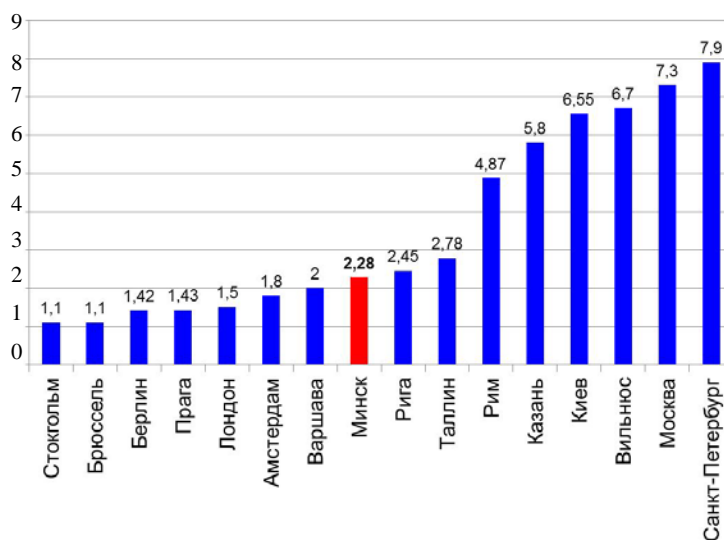


Рис. 3. Распределение количества погибших в дорожно-транспортных происшествиях на 100 тыс. жителей в 2014 г.

Fig. 3. Distribution of death toll in road traffic accidents per 100 000 of population in 2014

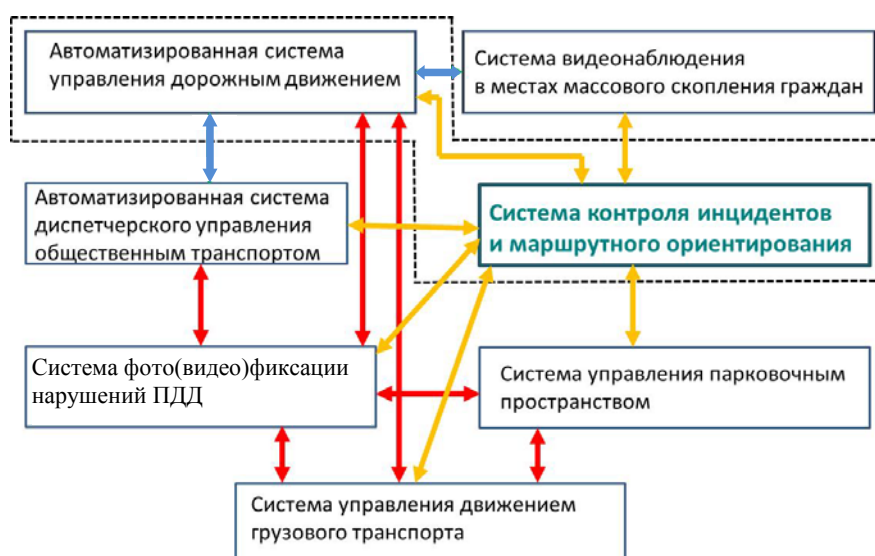


Рис. 4. Существующие структурные связи в интеллектуальной транспортной системе г. Минска:

←→ – интеграция существует; ←→ – интеграция в процессе реализации;
 ↔ – интеграция отсутствует

Fig. 4. Existing structural relations in intellectual transport system of Minsk:

←→ – integration exists; ←→ – integration is under realization process;
 ↔ – integration does not exist

Характеристика АСУДД Минска заключается в том, что она предназначена для управления движением транспортных и пешеходных потоков в городе. АСУДД состоит из:

- программно-технического комплекса центрального управляющего пункта (ПТК ЦУП);
- каналообразующей аппаратуры;
- периферийных средств для светофорных объектов (дорожные контроллеры, детекто-

ры транспорта, указатели скорости и другие управляемые знаки, табло информирования и табло вызывные пешеходные, светофоры).

АСУДД технологически функционирует в рамках требований:

- к уровню аварийности (табл. 1)
- к уровню эффективности движения (табл. 2, 3).

Таблица 1

Уровень аварийности
 Accident rate

Магистраль общегородского значения	Среднесуточная (базовая) интенсивность в обоих направлениях, авт./ч													
	100	250	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000
ДТП с пострадавшими на 1 км в год	1,05	1,130	1,250	1,50	1,750	2,00	2,250	2,50	2,750	3,00	3,250	3,50	3,750	4,00
ДТП с пострадавшими пешеходами на 1 км в год	1,01	1,030	1,050	1,10	1,150	1,20	1,250	1,30	1,350	1,40	1,450	1,50	1,550	1,60
ДТП с пострадавшими, кроме пешеходов, на 1 км в год	0,04	0,100	0,200	0,40	0,600	0,80	1,000	1,20	1,400	1,60	1,800	2,00	2,200	2,40
Количество погибших в ДТП на 1 км в год	0,10	0,103	0,105	0,11	0,115	0,12	0,125	0,13	0,135	0,14	0,145	0,15	0,155	0,16
ДТП с пострадавшими на 1 автомобилекилометр в год	0,58	0,540	0,490	0,40	0,330	0,27	0,220	0,18	0,150	0,12	0,100	0,08	0,070	0,05
Количество погибших в ДТП на 1 автомобилекилометр в год	0,0336	0,0317	0,0287	0,0235	0,0192	0,0157	0,0129	0,0105	0,0086	0,0071	0,0058	0,0047	0,0039	0,0032

Таблица 2

Характеристики уровней обслуживания
Characteristics of service levels

Уровень обслуживания	Средняя скорость сообщения, км/ч	Коэффициент загрузки	Количество маневров торможения на 1 км
A	>48	<0,50	0–1
B	40–48	0,50–0,60	1–2
C	32–40	0,60–0,75	2–3,5
D	24–32	0,75–0,85	3,5–6
E	20–24	0,85–0,95	6–10
F	<20	>0,95	>10

Таблица 3

Распределение уровней обслуживания по статусам объектов управления
Distribution of service levels according control object status

Статус	Уровень		
	оптимальный	максимальный	предельно допустимый
1	B	C	10 % времени на уровне D
2	B	C	15 % времени на уровне D
3	C	D	10 % времени на уровне E
4	C	D	15 % времени на уровне E

Реализация вышеуказанных требований происходит следующим образом. В соответствии с Концепцией управления дорожным движением г. Минска каждой улице в городе присвоен соответствующий статус. Он определяет набор требований к той или иной улице. Постоянный мониторинг дорожной ситуации позволяет определить выход различных параметров за установленные пределы в соответствии со статусом. В таком случае, если система не имеет предустановленных сценариев, технологу необходимо подготовить данные сценарии (планы координации, изменение графика светофорных объектов, изменение схемы организации дорожного движения и др.). Или если решение требует капитальных затрат – выйти с предложением на муниципальный уровень для решения транспортной задачи.

Пример мониторинга соответствия заданных показателей реальным с помощью gps-трека показан на рис. 5. Так, при проезде той или иной улицы программа рассчитывает ряд данных, таких как скорость сообщения задержки и т. д., и выдает параметры, не соответствующие заданным, для дальнейшего проектирования.

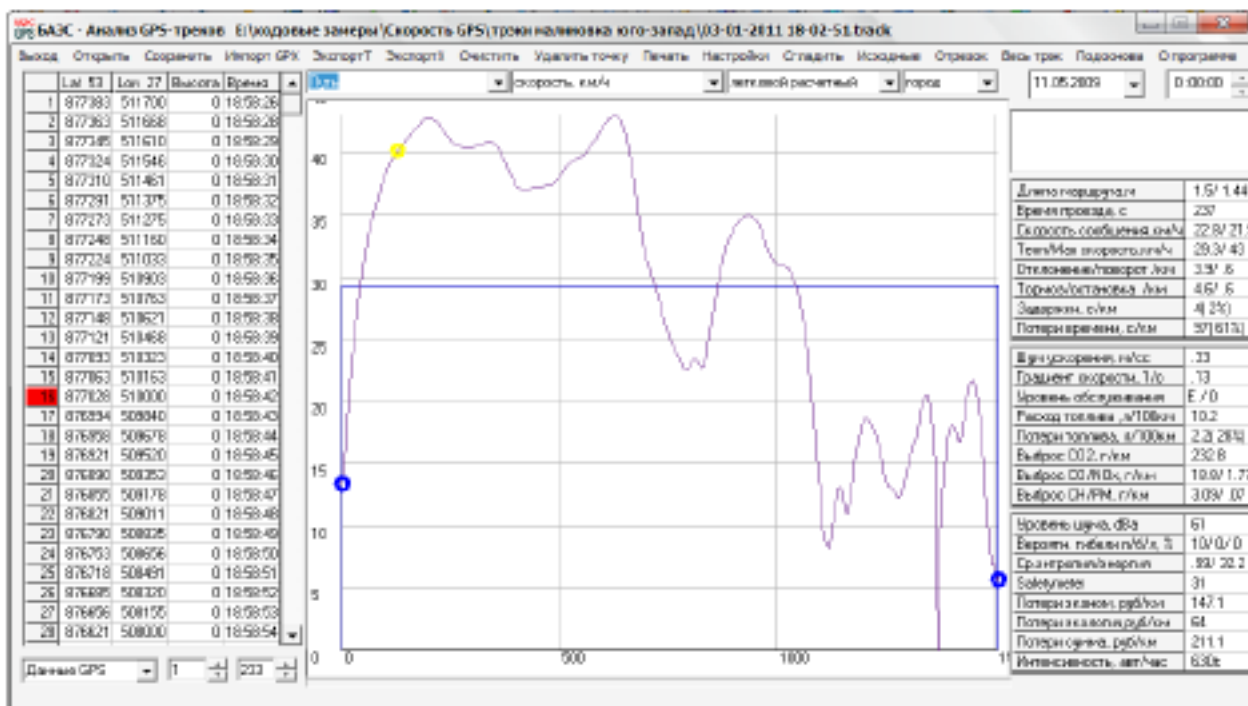


Рис. 5. Пример gps-трека для мониторинга дорожной ситуации

Fig. 5. Example of gps-track for road situation monitoring

АСУДД обеспечивает управление дорожным движением в нескольких режимах:

- централизованное управление от ПТК ЦУП;
- децентрализованное управление от контроллера зонального центра (КЗЦ-М1) или узлового дорожного контроллера (ДК) на улично-дорожной сети;
- локальное управление от ДК.

Переход от одного режима к другому производится по параметрам транспортных потоков на перекрестке или по решению инженера по организации дорожного движения. При децентрализованном и централизованном управлении от ПТК ЦУП обеспечивается решение следующих задач:

- формирование информационной базы системы, рассылка ее фрагментов, обеспечивающих реализацию требуемой технологии управления, по элементам АСУДД (по КЗЦ и ДК);
- управление светофорной сигнализацией в соответствии с полученным фрагментом информационной базы системы и реализуемыми алгоритмами управления.

Функции АСУДД:

- оперативное формирование и корректировка информационной базы АСУДД, в том числе с использованием системы автоматического проектирования (САПР);
- расчет и оптимизация с помощью САПР параметров организации дорожного движения для всех режимов сетевого управления;
- прием, накопление, обработка, анализ, отображение и печать статистической информации от периферийных средств с целью контроля режимов работы и их технического состояния, а также определение параметров транспортных потоков, эффективности управления, выбросов вредных веществ;
- координированное управление светофорным объектом на магистрали (в районе):
 - с выбором планов координации по карте;
 - с выбором планов координации по параметрам движения в характерных точках;
 - с оптимизацией сдвигов (динамическая корректировка планов координации с учетом текущей интенсивности транспортного потока);
 - с управлением скоростью на перегоне;
- управление режимом движения на магистрали по длине очереди, коэффициенту загрузки, суммарным потерям;
 - сетевое координированное управление;
 - диспетчерское управление;

- управление маршрутом «Зеленая улица»;
- локальное гибкое регулирование с учетом параметров транспортного потока и показателей эффективности управления;
- локальный жесткий режим управления;
- локальное многопрограммное управление с переключением по времени суток и дням недели, а также по параметрам транспортного потока и эффективности;
- вызываемое регулирование с вызовом от пешехода, транспортного средства или диспетчера, с оптимизацией вызовов;
- обеспечение приоритета движения общественного транспорта (трамвая);
- речевое информирование о выходе из строя конкретного светофорного объекта и о нестандартных ситуациях;
- отображение на фоне цифровой карты города дислокации всех светофорных объектов, режимов их работы и состояния;
- расчет модели данных о надежности светофорного объекта;
- автоматизация функций обработки и учета информации о параметрах функционирования;
- выписка нарядов на текущий ремонт светофорных объектов;
- формирование, отображение и печать отчетов планово-предупредительного ремонта;
- расчет коэффициентов готовности, среднего времени восстановления, наработки на отказ светофорных объектов.

Описание программно-технического комплекса автоматизированной системы управления дорожным движением

ПТК ЦУП АСУДД включает в себя:

- автоматизированное рабочее место (АРМ) технолога (САПР);
- АРМ инженера по организации дорожного движения;
- АРМ инженера КЗЦ-М;
- сервер базы данных (БД);
- управляющий вычислительный комплекс (УВК);
- систему отображения;
- локальную вычислительную сеть.

САПР, установленная на АРМ технолога, дает возможность осуществлять технологическое сопровождение АСУДД. В САПР реализованы программные модули, позволяющие получать данные из БД системы о параметрах

транспортных потоков и соответствии системы заданным технологическим параметрам. САПР также дает возможность вносить управляющие воздействия в систему на локальном и магистральном уровнях.

Оценка качества управляющих сценариев для конкретного плана координации проводится на основании сравнения ситуаций «до» и «после».

Система отображения ПТК ЦУП реализуется путем визуализации информации о функциональном состоянии периферийных устройств

на УДС, параметров транспортных потоков от детекторов транспорта, а также видеоинформации. Видеоинформация в ПТК ЦУП АСУДД поступает как от видеодетекторов транспорта, так и от системы видеонаблюдения в местах массового скопления граждан. Пример работы видеодетекторов транспорта представлен на рис. 6.

Конфигурация зала управления ПТК ЦУП АСУДД и системы видеонаблюдения приведена на рис. 7.

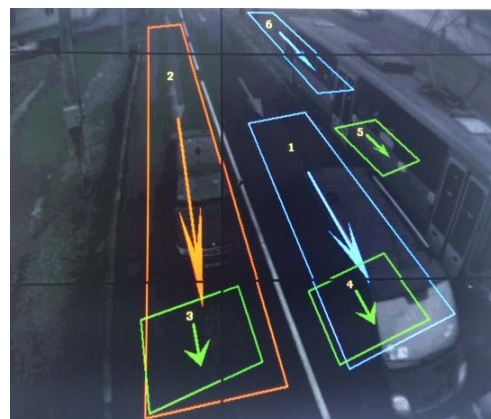
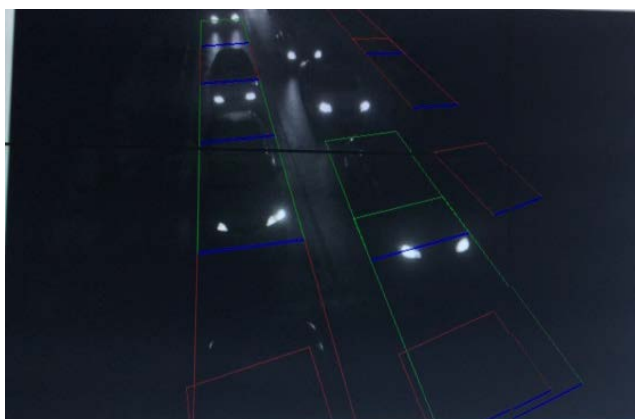


Рис. 6. Работа видеодетекторов транспорта в ночное и дневное время суток

Fig. 6. Operation of traffic video detector at night and during the daytime



Рис. 7. Зал управления с системой видеонаблюдения

Fig. 7. Control room with video detection system

Другое программное обеспечение (ПО) ПТК ЦУП АСУДД обеспечивает централизованное и децентрализованное управление светофорными объектами. Помимо ранее описанного технологического ПО, установленного на АРМ, ПТК ЦУП АСУДД также включает:

- системное ПО, в том числе:

- 1) ОС Red Hat Enterprise Linux;
- 2) СУБД Oracle Database Release 10.2 (10.2.0.4 Enterprise Edition) for Linux;

- 3) библиотеку функций QT v.3.3.3 из состава операционной системы Red Hat Enterprise Linux;

- 4) ПО ЛС Ethernet из состава операционной системы Red Hat Enterprise Linux;

- 5) антивирусные средства NOD32 Enterprise Edition Linux WorkStation и Linux File Server;

- 6) редакторы (текстовый, графический) из состава операционной системы Red Hat Enterprise Linux;

- прикладное ПО, включающее следующие программные продукты:

- 1) сервер БД, предназначенный для хранения информации в таблицах;

- 2) УВК, предназначенный для обмена информацией с коммуникационными компьютерами (АРМ КЗЦ-М1), для обработки информации и организации взаимодействия с базой данных, для анализа параметров транспортных потоков и выбора режима управления с учетом измеряемых параметров транспортных потоков. УВК также выполняет функции архивирования статистики;

- 3) АРМ дежурного ГАИ и АРМ резервное, предназначенные для отображения текущей информации (данных по параметрам транспортных потоков, режимам функционирования, состоянию периферийного оборудования), а также формирования команд управления дорожным движением при диспетчерском управлении. АРМ технолога предназначено для формирования базы данных, расчета планов координации при помощи САПР, анализа эффективности управления;

- 4) АРМ инженера по надежности и АРМ функционирования, предназначенные для автоматизации функций инженера по надежности и диспетчера ЦУП;

- 5) АРМ инженера КЗЦ-М1, предназначенное для управления дорожными контроллера-

ми. Обеспечивает прием, обработку и накопление информации телесигнализации и телеизмерений от периферийных средств (дорожных контроллеров, детекторов транспорта), анализ данных с целью отслеживания режимов работы и технического состояния периферийных средств, формирование информации телеуправления, в соответствии со сложившейся транспортной обстановкой, состоянием и режимами работы периферийного оборудования, связь с периферийными устройствами.

Коммуникационный профиль заключается в следующем. Для передачи данных на светофорные объекты используются протокол «Старт» и протокол GPRS-связи. Для подключения каналообразующей аппаратуры (КЗЦ-М1) используется интерфейс CAN2.0, а для подключения GPRS-модема – интерфейс RS-232.

LAN-коммуникация: TCP/IP, Ethernet, скорость передачи данных – 100 Мбит/с. MAN-коммуникация: телефонные линии связи, GPRS-связь.

Сервер управления дорожным движением реализуется на УВК. Обмен информации с БД осуществляется по протоколу Net8, с АРМ – по протоколу TCP/IP совместно с протоколом Sockets. В качестве сервера БД используется СУБД ORACLE, для передачи данных от видеокамер и видеодетекторов – оптоволоконные каналы.

Технические средства управления дорожным движением являются основными исполнительными элементами системы. ДК – основное периферийное оборудование АСУДД. Для подключения ДК к центру управления используются два вида связи:

- проводная (телефонные линии связи);
- беспроводная (GPRS-связь).

ПТК ЦУП АСУДД позволяет подключить к системе до 640 ДК по проводным линиям связи и до 200 ДК – по беспроводным линиям связи. Обмен информацией между ДК и центром управления осуществляется по проводным линиям связи каждую секунду, по GPRS-связи – по запросам каждые 4 мин. К ДК подключается дополнительное периферийное оборудование:

- детекторы транспорта (ДТ);
- табло вызывное пешеходное (ТВП);
- указатели скорости (УСК);
- табло предварительного информирования (ТПИ).

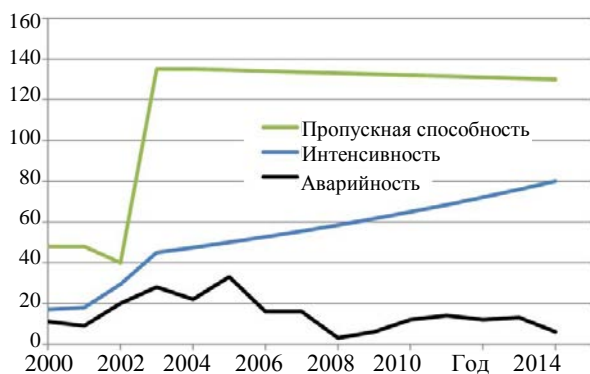
В ДК белорусских производителей реализованы следующие функции управления:

- ручное управление;
- управление по графику;
- управление на основе информации от ДТ;
- координированное управление;
- диспетчерское управление;
- «зеленая улица» (режим пропуска спецтранспорта);
- управление от вызывных кнопок.

В г. Минске используются контроллеры нескольких типов – Peek, ДУМКА и БДКЛМ.

Цели автоматизированной системы управления дорожным движением Минска в составе интеллектуальной транспортной системы

ИТС, являясь общемировым трендом, позволяет кардинальным образом улучшить качество дорожного движения. АСУДД и другие подсистемы в составе ИТС – это инструменты реализации целей по повышению безопасности и комфорта дорожного движения [12, 13]. Анализируя тенденции изменения транспортной нагрузки в г. Минске (рис. 8), стоит отметить, что при существенном росте автомобилизации и объема движения аварийность снижается [14].



Интенсивность и пропускная способность, тыс. авт./сут.
Аварийность, количество погибших в год

Рис. 8. Тенденции изменения транспортной нагрузки

Fig. 8. Tendencies in changing of transport loading

Цели по реализации ИТС и АСУДД в ее составе с учетом тенденций изменения транспортной нагрузки и анализа аварийности представлены на рис. 9.

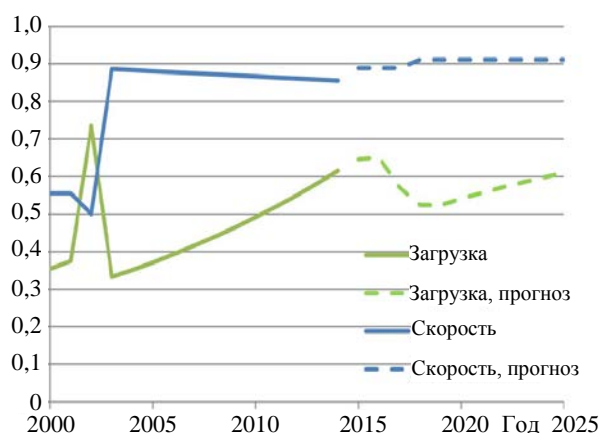


Рис. 9. Цели интеллектуальной транспортной системы г. Минска

Fig. 9. Targets of intellectual transport system in Minsk

В рамках экономической стратегии, ставя целью повышение качества жизни населения города за счет снижения транспортных потерь, можно сформировать экономическую стратегию с помощью внедрения ИТС и АСУДД в ее составе как основного компонента (табл. 4) [11, 15].

Таблица 4

Компонент	Статья выгоды	Масштаб, млн дол./год
Экономика	Снижение потерь из-за альтернативного использования МКАД вместо городской территории.	20–20
	Снижение потерь из-за увеличения скорости сообщения	6–3
Безопасность	Сохранение жизни и здоровья.	3–1,5
	Снижение числа и ликвидация инцидентов	2–1
Экология	Снижение потерь из-за альтернативного использования МКАД вместо городской территории	6–3

ВЫВОДЫ

1. В процессе исследований установлено, что рост автомобилизации вызвал ряд проблем, среди которых – низкая скорость сообщения, плохие режимы движения, наличие перегрузок и повышенный уровень аварийности. Изменить ситуацию можно с помощью совершенствова-

ния организации дорожного движения и создания интеллектуальной транспортной системы г. Минска, которая, являясь общемировым трендом, позволяет кардинальным образом повысить качество дорожного движения. Автоматизированная система управления дорожным движением и другие подсистемы в составе интеллектуальной транспортной системы – это инструменты реализации целей по повышению безопасности и комфорта дорожного движения.

2. Целесообразно в качестве базовой для создания интеллектуальной транспортной системы выбрать автоматизированную систему управления дорожным движением, которая имеет соответствующие функциональные, структурные, организационные и институциональные резервы для своего развития.

3. Разработаны технологические требования к функционированию целостной системы, касающиеся уровня эффективности, в том числе и аварийности на участках улично-дорожной сети, входящих в создаваемую систему.

4. Модернизация автоматизированной системы управления дорожным движением в интеллектуальную транспортную систему позволит снизить аварийные, экономические, экологические и социальные потери в дорожном движении не менее чем на 15 % от существующего их уровня, несмотря на постоянный рост автомобилизации в городе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2015 г.: аналитич. сб. / сост. О. Г. Ливанский; под общ. ред. Н. А. Мельченко. Минск: Полиграфический центр МВД Респ. Беларусь, 2016. 89 с.
2. 2013 Motor Vehicle Crashes: Overview [Electronic Resource]. Mode of Access: <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812101>. Date of Access: 16.05.2015.
3. Road Traffic Accidents Involving Personal Injury, November 2014 [Electronic Resource] // Statistics Norway 2014. Mode of Access: <http://www.ssb.no/en/transportog-reiseliv/statistikker/vtu>. Date of Access: 16.05.2015.
4. Accident Rate [Electronic resource] // Lithuanian Road under the Ministry of Transport and Communications. Mode of Access: http://www.lra.lt/en.php/traffic_safety/accident_rate_information/106. Date of Access: 20.03.2016.
5. Albalatea, D. The Road against Fatalities: Infrastructure Spending vs. Regulation? / D. Albalatea, L. Fernández, A. Yarygina // Accident Analysis & Prevention. 2013. Vol. 59. P. 227–239.
6. Капский, Д. В. Метод прогнозирования дорожно-транспортной аварийности по потенциальной опасности / Д. В. Капский. М.: Новое знание, 2015. 327 с.
7. Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2014 г.: аналитич. сб. / сост. О. Г. Ливанский; под общ. ред. Н. А. Мельченко. Минск: Полиграфический центр МВД Респ. Беларусь, 2015. 89 с.
8. CSNg dati Latvijā (2000–2014 g.) // CSDD [Electronic Resource]. 2014. Mode of Access: http://www.csdd.lv/lat/noderiga_informacija/statistika/celu_satiksmes_negadijumi/?doc=523. Date of Access: 16.05.2015.
9. Состояние безопасности дорожного движения в Республике Беларусь в 1999–2008 гг. и наметившиеся тенденции: аналитич. сб. / сост. В. В. Бульбенков, А. А. Сушко, О. Г. Ливанский; под общ. ред. А. Н. Кулешова. Минск: Полиграфический Центр МВД Респ. Беларусь, 2009. 144 с.
10. Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2011 г.: аналитич. сб. / сост. В. В. Бульбенков, О. Г. Ливанский; под общ. ред. Н. А. Мельченко. Минск: Полиграфический центр МВД Респ. Беларусь, 2012. 89 с.
11. Врубель, Ю. А. Определение потерь в дорожном движении / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский, Е. Н. Кот. Минск: БНТУ, 2006. 240 с.
12. Капский, Д. В. Аварийность в дорожном движении. Исследование дорожно-транспортных происшествий с помощью страховой статистики / Д. В. Капский // Вестник БНТУ. 2011. № 1. С. 48–54.
13. Аудит безопасности дорожного движения / Д. В. Капский [и др.]; науч. ред. Д. В. Капского; Мин-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. Гомель: БелГУТ, 2015. 428 с.
14. Капский, Д. В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении / Д. В. Капский. Минск: БНТУ, 2008. 243 с.
15. Капский, Д. В. Разработка методики определения экономических потерь при координированном регулировании транспортно-пешеходных потоков / Д. В. Капский, Д. В. Навой // Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения: Междунар. сб. науч. тр. / Тихоокеанский гос. ун-т; редкол.: А. И. Ярмолинский, И. Ю. Белуцкий, П. А. Пегин. Хабаровск, 2009. № 9. С. 12–31.

Поступила 10.06.2016

Подписана в печать 29.08.2016

Опубликована онлайн 30.01.2017

REFERENCES

1. Livansky O. G., Melchenko N. A. (ed.) (2016) *Information on Road Transport Accident Rate in the Republic of Belarus in 2015: Analytical Collected Book*. Minsk, Polygraphic Centre of Ministry of Internal Affairs of the Republic of Belarus. 89 (in Russian).

2. 2013 Motor Vehicle Crashes: Overview. Available at: <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812101>. (Accessed 16 May 2015).
3. Road Traffic Accidents Involving Personal Injury, November 2014. *Statistics Norway 2014*. Available at: <http://www.ssb.no/en/transport-og-reiseliv/statistikker/vtu>. (Accessed 16 May 2015).
4. Accident Rate. *Lithuanian Road Administration under the Ministry of Transport and Communications*. Available at: http://www.lra.lt/en.php/traffic_safety/accident_rate_information/106. (Accessed 20 March 2016).
5. Albalatea D., Fern6n4deza L., Yarygina A. (2013) The Road against Fatalities: Infrastructure Spending vs. Regulation? *Accident Analysis & Prevention*, 59, 227–239. DOI: 10.1016/j.aap.2013.06.008.
6. Kapskiy D. V. *Method for Forecasting Road Transport Accident Rate According to Potential Danger*. Moscow, Novoye Znanie Publ. 327 (in Russian).
7. Livansky O. G., Melchenko N. A. (ed.) (2015) *Information on Road Transport Accident Rate in the Republic of Belarus in 2014: Analytical Collected Book*. Minsk, Polygraphic Centre of Ministry of Internal Affairs of the Republic of Belarus. 89 (in Russian).
8. CSNg dati Latvijā (2000–2014 g.). CSDD. Available at: http://www.csdd.lv/lat/noderiga_informacija/statistika/celu_satiksmes_negadijumi/?doc=523. (Accessed 16 May 2015) (Latvian).
9. Bulbenkov V. V., Sushko A. A., Livansky O. G., Kuleshov A. N. (ed.) (2009) *Situation with Road-Traffic Safety in the Republic of Belarus in 1999–2008 and Emerging Tendencies: Analytical Collected Book*. Minsk, Polygraphic Centre of Ministry of Internal Affairs of the Republic of Belarus. 144 (in Russian).
10. Bulbenkov V. V., Livansky O. G., Melchenko N. A. (ed.) (2012) *Information on Road Transport Accident Rate in the Republic of Belarus in 2011: Analytical Collected Book*. Minsk, Polygraphic Centre of Ministry of Internal Affairs of the Republic of Belarus. 89 (in Russian).
11. Vruble Yu. A., Kapskiy D. V., Kot E. N. (2006) *Deremination of Losses in Road Traffic*. Minsk, Belarusian National Technical University. 240 (in Russian).
12. Kapskiy D. V. (2011) Accidence in Road Traffic. Investigations on Road Transport Accidents with the Help of Insurance Statistics. *Vestnik BNTU* [Bulletin of the Belarusian National Technical University], (1), 48–54 (in Russian).
13. Kapskiy D. V., Azemsha S. A., Kuzmenko V. N., Mozalevskiy D. V., Skirkovskiy S. V., Korzhova A. V., Polkhovskaia A. S., Ermakova N. S., Artiushevskaiia S. N. (2015) *Audit of Road Traffic Safety*. Gomel, Belarusian State University of Transport. 428 (in Russian).
14. Kapskiy D. V. (2008) *Forecasting of Accidence in Road Traffic*. Minsk, Belarusian National Technical University. 243 (in Russian).
15. Kapskiy D. V., Navoy D. V. (2009) Development of Methodology for Determination of Economic Losses During Coordinated Regulation of Transport and Pedestrian Flows. *Dalnii Vostok. Avtomobilnye Dorogi i Bezopasnost Dvizheniia: Mezhdunar. Sb. Nauch. Tr.* [Far East. Automobile Roads and Traffic Safety: International Collection of Research Papers]. Khabarovsk, Pacific National University, (9), 12–31 (in Russian).

Received: 10.06.2016

Accepted: 29.08.2016

Published online: 30.01.2017