

<https://doi.org/10.21122/2227-1031-2022-21-4-323-330>

УДК 656.13.05

## Повышение эффективности применения информации при организации перевозок пассажиров в городах

Докт. техн. наук Д. В. Капский<sup>1)</sup>, С. С. Семченков<sup>1)</sup>, докт. техн. наук, проф. О. Н. Ларин<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Белорусский национальный технический университет (Минск, Республика Беларусь),

<sup>2)</sup>Российский университет транспорта (Москва, Российская Федерация)

© Белорусский национальный технический университет, 2022  
Belarusian National Technical University, 2022

**Реферат.** Проблема организации перевозок пассажиров в городах приобретает все большую значимость. Ситуация осложняется еще и тем, что рост автомобилизации приводит к уменьшению пропускной способности улиц, загрязнению окружающей среды, разрушению экосистем, а также увеличивает социальную напряженность. Стало очевидным, что создание городов, удобных для жизни, невозможно без системы маршрутного пассажирского транспорта. И здесь особую актуальность приобретает улучшение качества перевозок пассажиров в городах путем повышения эффективности применения информации, требуемой для управления процессом перевозок. Возникает необходимость в создании единого информационного пространства в области перевозок, вовлечении в него всех участников процесса. Это, в свою очередь, поможет предоставить достоверную информацию пользователям (пассажирам) маршрутного пассажирского транспорта, повысит его надежность и доверие пассажиров к нему. Важную роль здесь играют информационное обеспечение процесса управления перевозками с выбором правильной модели сбора достоверной информации о движении маршрутных транспортных средств и верное ее использование. Благодаря этому можно повысить надежность маршрутного пассажирского транспорта, а достоверная информация о его движении будет способствовать повышению доверия пользователей к маршрутному пассажирскому транспорту и в то же время дисциплинировать перевозчиков и оператора.

**Ключевые слова:** маршрутный пассажирский транспорт, организация перевозок, достоверная информация, модель диспетчерского управления

**Для цитирования:** Капский, Д. В. Повышение эффективности применения информации при организации перевозок пассажиров в городах / Д. В. Капский, С. С. Семченков, О. Н. Ларин // *Наука и техника*. 2022. Т. 21, № 4. С. 323–330. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2022-21-4-323-330>

## Improving the Efficiency of Information Application in the Organization of Passenger Transportation in Cities

D. V. Kapskiy<sup>1)</sup>, S. S. Semchenkov<sup>1)</sup>, O. N. Larin<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Belarusian National Technical University (Minsk, Republic of Belarus),

<sup>2)</sup>Russian University of Transport (Moscow, Russian Federation)

**Abstract.** The problem of organizing passenger transportation in cities is becoming more and more important every day. The situation is aggravated by the fact that the spontaneous growth of motorization leads to a drop in the capacity of streets,

---

### Адрес для переписки

Капский Денис Васильевич  
Белорусский национальный технический университет  
ул. Я. Коласа, 12,  
220013, г. Минск, Республика Беларусь  
Тел.: +375 17 331-05-48  
d.kapsky@bntu.by

### Address for correspondence

Kapskiy Denis V.  
Belarusian National Technical University  
12, Ya. Kolasa str.,  
220013, Minsk, Republic of Belarus  
Tel.: +375 17 331-05-48  
d.kapsky@bntu.by

environmental pollution, destruction of ecosystems, and an increase in social tension. It became obvious that the creation of cities convenient for life is impossible without a system of route passenger transport. And here, improvement of the quality of passenger transportation in cities by increasing the efficiency of using the information necessary to manage the transportation process is of particular relevance. There is a need to create a unified information space in the field of transportation, involving all participants in the process. This, in turn, will help to provide reliable information to users (passengers) of route passenger transport, increase its reliability and passengers' trust in it. An important role here is played by the information support of the transportation management process with the choice of the correct model for collecting reliable information about the movement of route vehicles and its correct use, which will lead to an increase in the reliability of the route passenger transport, and the provision of open reliable information about the movement of route vehicles will contribute to increasing user confidence in route passenger transport and at the same time discipline carriers and operators.

**Keywords:** route passenger transport, organization of transportation, reliable information, dispatch control model

**For citation:** Kapskiy D. V., Semchenkov S. S., Larin O. N. (2022) Improving the Efficiency of Information Application in the Organization of Passenger Transportation in Cities. *Science and Technique*. 21 (4), 323–330. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2022-21-4-323-330> (in Russian)

### Введение

Создание благоприятного для жизни и работы городского пространства невозможно без развитой системы маршрутного пассажирского транспорта, представляющей четкий и слаженный механизм, сочетающий в себе различные виды транспорта и предлагающий достойную и эффективную альтернативу личным автомобилям. Так, население г. Минска, расположенного на площади 348,8 км<sup>2</sup>, составляет 2020,6 тыс. чел., в том числе 1067,1 тыс. чел. потенциально совершают перемещения по городу, связанные с работой. По данным Национального статистического комитета, в промышленном производстве занято около 19,5 % работающего населения, в строительстве – 9,4 %, в торговле и сфере коммерческих услуг – 19,3 %, в связи и на транспорте – 7,9 %, в сфере образования – 8,6 %, в области здравоохранения и сопутствующих услуг – 5,1 %, в прочих областях экономики – 30,2 % от общего числа занятых [1]. Массовые перевозки пассажиров в Минске осуществляются наземным маршрутным пассажирским транспортом, которым в год перевозится 490 млн пассажиров [2] (в среднем 1,3 млн в день), и метрополитеном, ежегодно перевозящим 294 млн пассажиров [3] (в среднем 0,8 млн в день). Протяженность маршрутной сети наземного пассажирского транспорта составляет 6326 км, при этом на 215 городских автобусных, 60 троллейбусных и восемь трамвайных маршрутов выходят 1115 автобусов, 600 троллейбусов и 98 трамваев.

В Минске зарегистрировано 900 тыс. автомобилей. Рост автомобилизации, увеличение количества автомобилей, находящихся в частной собственности, – конкуренция маршрутному пассажирскому транспорту. Поэтому для развития последнего необходимы системный подход и рационально организованная его работа, чтобы своевременно реагировать на изменяющуюся обстановку [4]. В условиях нечеткого реагирования на ситуацию возникает некий замкнутый круг (рис. 1), когда рост автомобилизации в условиях сложившейся уличной сети приводит к ее перегрузке.



Рис. 1. Замкнутый круг автомобилизации

Fig. 1. Vicious circle of motorization

Это ухудшает условия движения маршрутных транспортных средств (снижая их скорость) и качество оказания услуг по перевозке пассажиров, что, в свою очередь, приводит к потере пользователей (пассажиров) таким транспортом, дальнейшему сокращению количества маршрутных транспортных средств на маршрутах (возникает впечатление, что маршрут не нужен, так как микроавтобусы недостаточно заполнены). Данная ситуация еще больше отводит пассажиров от маршрутного пассажирского транспорта в пользу личного, что вновь ведет к росту автомобилизации, – и так круг замыкается.

В сложившейся ситуации необходимо предпринимать все возможные меры и использовать любые доступные способы для того, чтобы замкнутый круг был разорван. Особую актуальность приобретает улучшение организации перевозок пассажиров в городах путем повышения эффективности применения информации, необходимой для управления данным процессом.

### Выбор модели организации перевозок маршрутным пассажирским транспортом

Одно из приоритетных направлений в увеличении роли маршрутного пассажирского транспорта – повышение его привлекательности, которая определяется: безопасностью (общественная безопасность, безопасность дорожного движения), скоростью сообщения (снижение затрат для перевозчиков, повышение скорости сообщения для пассажира), комфортабельностью и доступностью (низкопольные маршрутные транспортные средства, инфраструктура, современные транспортные средства с системами климат-контроля и т. д.), удобством пользования (различные способы оплаты проезда), информативностью (доступность информации о маршрутном транспорте и качественное ее представление), удобным расписанием и гарантированной регулярностью движения, надежностью. Все это делает маршрутный транспорт привлекательным. Большое значение здесь придается роли оператора перевозок пассажиров, который по сути является организатором процесса (рис. 2), а также во-

влечению его в управление движением маршрутных транспортных средств [5]. Такой подход способствует стабильности транспортной системы в городе, содействию реализации концепции устойчивого развития, поддержанию устойчивой мобильности всех категорий населения, что обеспечит координированную работу всех видов маршрутного пассажирского транспорта на территории города или населенного пункта. При этом сами транспортные средства необязательно должны принадлежать одному перевозчику.

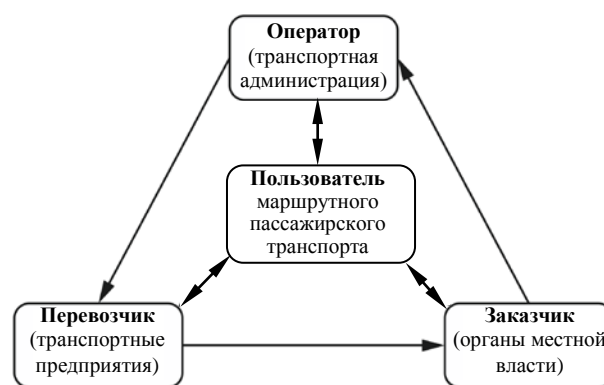


Рис. 2. Процесс перевозок пассажиров маршрутным пассажирским транспортом в современных условиях его организации

Fig. 2. Passenger transportation process by route passenger transport in modern conditions of its organization

Роль оператора должна состоять не только в формировании маршрутной сети, но и в качественной организации перевозок пассажиров в регулярном сообщении. Сегодня Беларусь идет по пути выделения операторов в независимый орган управления и уходит от практики, когда функции оператора фактически передавались транспортному предприятию, выполняющему основной объем перевозок в городе или населенном пункте. Для поддержания деятельности оператора необходимо создание единой информационной платформы в сфере перевозок пассажиров маршрутным пассажирским транспортом, которая объединит и предоставит доступ к информации всем участникам этого процесса. Такая информационная платформа позволит установить связи между всеми участниками процесса перевозок пассажиров маршрутным пассажирским транспортом и обеспе-

чит их достоверной актуальной информацией о маршрутной сети, расписании движения, потребностях в перевозках, выполненной работе, об оплате проезда, условиях работы на созданной маршрутной сети и т. д. [6].

Следует отметить, что оперативное управление движением маршрутных транспортных средств должно стать одной из основных функций оператора с его главным подразделением – центром управления перевозками, который в последующем должен быть интегрирован в единое цифровое информационное пространство с центром управления дорожным движением [7]. При этом работа центра управления перевозками должна нести в себе не только контрольную функцию, но и за счет унификации подходов к получению и обработке исходной информации о местоположении транспортных средств обрести новую функцию, заключающуюся в руководстве движением маршрутного пассажирского транспорта, фактически «обезличенного» (по отношению к принадлежности маршрутного транспортного средства к тому или иному перевозчику) для инженера, обеспечивающего данное руководство в центре управления перевозками [8].

Особо актуальной становится проблема правильного выбора модели диспетчерского управления движением маршрутных транспортных средств. Проведенные авторами исследования показывают, что во многих городах используется система управления таким транспортом, основанная на получении данных о его местоположении с помощью средств системы глобального позиционирования (GPS), передаваемых в режиме реального времени посредством GSM-связи, пройдя путь использования автоматизированных систем управления движением автобусов, троллейбусов, трамваев, построенных на методе передачи сведений о местонахождении транспортного средства от беспроводных датчиков короткой дальности или датчиков индукционного типа по выделенным телефонным линиям [9, 10]. Так, в Минске автоматизированная система управления движением автобусов отслеживала работу транспортных средств с помощью аппаратных контрольных пунктов, работа которых основывалась на принципе связи короткой дальности,

а монтаж каждого контрольного пункта требовал вскрытия верхнего слоя дорожного полотна, укладки контура, прокладки к нему физических линий выделенной связи. В то же время маршрутная сеть развивалась быстрыми темпами, удовлетворяя потребности в перевозках в современном городе. Это привело к тому, что у большинства маршрутов не было необходимого количества контрольных точек, а ряд автобусных маршрутов имел всего по одному контрольному пункту [9, 11]. Далее, получив в свое распоряжение средства GPS, многие предприятия пошли по ложному пути, не перестраивая свои системы управления движением, а лишь заменяя аппаратные контрольные пункты виртуальными, получающими данные о проследовании транспортным средством определенных границ, обозначенных для каждого контрольного пункта, очерченных радиусом окружности или площадью фигуры, образованной ломаной линией. Некоторые выстраивали новые системы управления движением транспорта, однако, к сожалению, все равно основывались на описанных выше (привычных им) принципах организации. Это привело к тому, что, имея в распоряжении широкодоступные сегодня средства GPS и GSM-связи, позволяющие легко и непрерывно получать положение транспортного средства (при необходимости с интервалами менее 1 с), многие предприятия попросту не смогли воспользоваться данной информацией для принятия оперативных решений диспетчерского управления. Фактически такие системы предназначены для контроля работы транспортного средства на маршруте, а не для оперативного диспетчерского управления и принятия решений. Кроме того, эти системы не могут качественно интегрироваться в систему информирования пассажиров о времени прибытия транспортного средства, имеют большие проблемы с достоверностью и доступностью данных в случае, когда транспорт следует по измененному маршруту или для восстановления нарушенного движения идет по сокращенному либо измененному маршруту.

Основная идея дискретной модели (рис. 3) состояла в том, что по маршруту располагались контрольные пункты: на конечных остано-

ках – терминальные контрольные пункты (ТКП), на маршруте – промежуточные контрольные пункты (ПКП). Фактически транспортное средство, достигая очередного контрольного пункта, по команде водителя передавало по беспроводной связи определенный уникальный код, который принимался контрольным пунктом и отправлялся в центр обработки данных по выделенным линиям связи. Транспортные средства, находившиеся на участках маршрута между контрольными пунктами, выпадали из поля зрения системы управления и их работа не могла быть оперативно отслежена. Применение подобных систем ограничивалось контролем прохождения контрольных пунктов и не являлось средством оперативного управления движением ввиду недостаточности достоверной информации.

Как уже было сказано, ряд предприятий пошел по ложному пути, заменив в своих системах аппаратные контрольные пункты виртуальными, что фактически привело к появлению псевдодискретной модели (рис. 4). При этом наращивание числа контрольных пунктов в такой модели не приводит к нужному результату из-за ложного распознавания на узких улицах или на трамвайных линиях, когда траектории движения встречных транспортных средств расположены близко друг к другу.

При этом следует заметить, что псевдодискретная модель сбора информации, как правило, для самоуспокоения дополняется визуализацией (рис. 5), показывающей местоположение транспортных средств на картографической основе, взятой из открытых источников, но неупорядоченной маршрутной сети города.

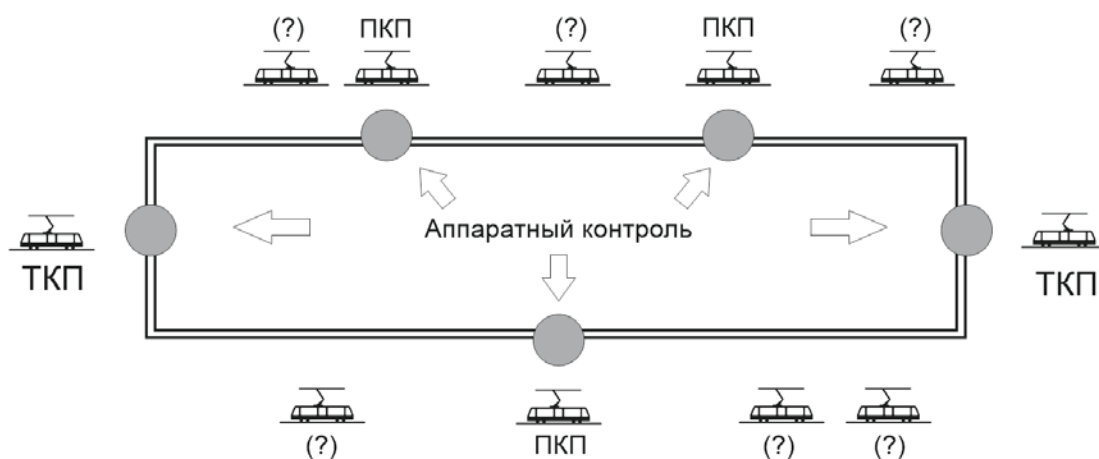


Рис. 3. Дискретная модель

Fig. 3. Discrete model

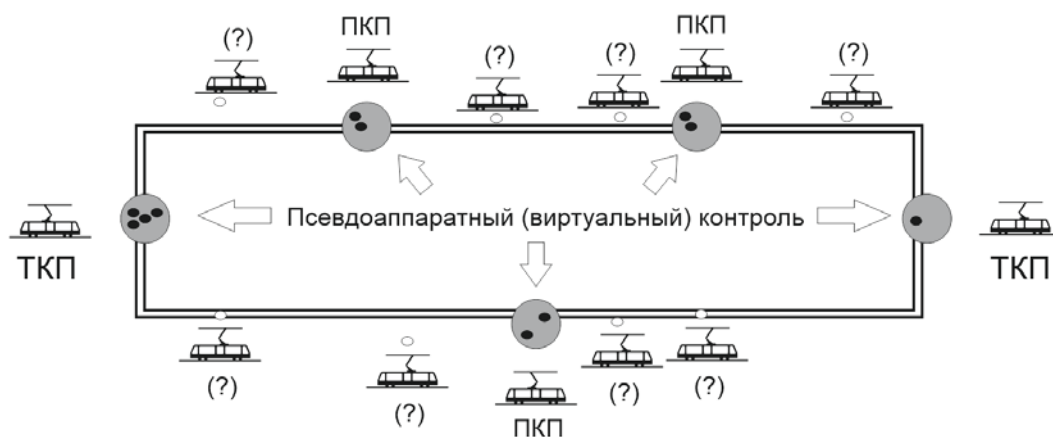


Рис. 4. Псевдодискретная модель

Fig. 4. Pseudo-discrete model

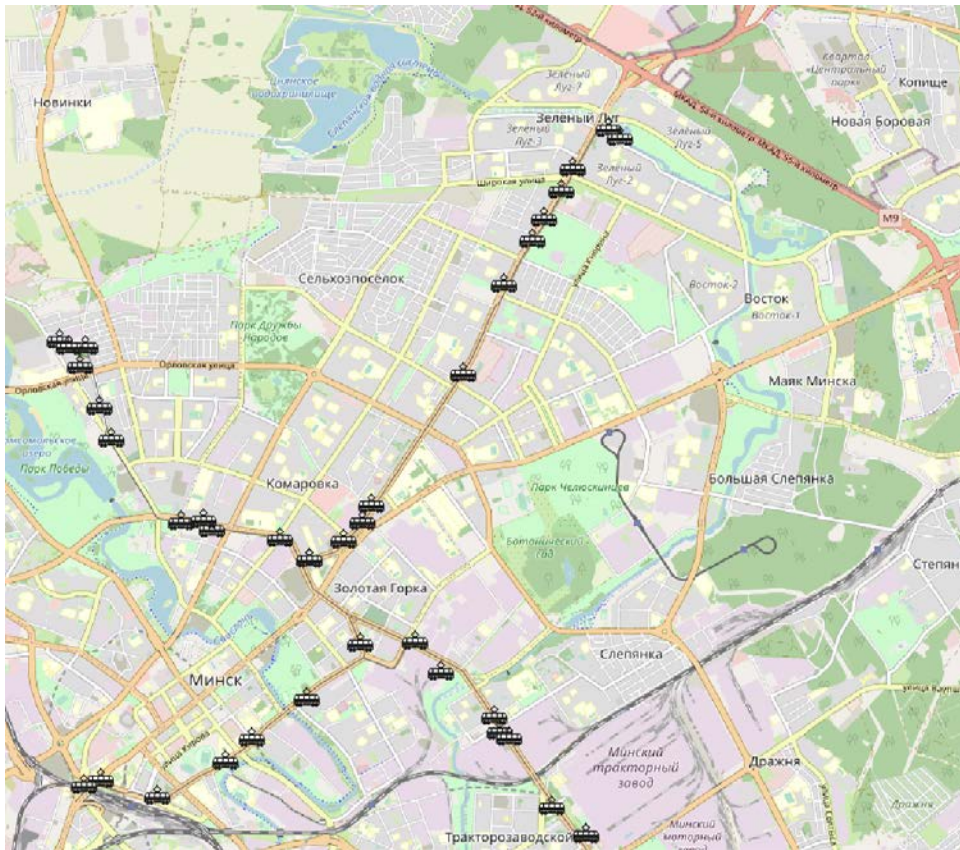


Рис. 5. Пример визуализации в псевдодискретной модели  
 Fig. 5. Example of visualization in a pseudo-discrete model

С учетом изложенного авторы предлагают подход к применению перманентной модели (рис. 6), которая на подготовительном этапе предполагает формирование (цифровую прокладку с использованием фактических координат) точной трассы маршрута и нанесение на нее последовательно расположенных остановочных пунктов с условными обозначениями. При обработке информации, получаемой от транспортных средств, координаты маршрутного транспортного средства с помощью несложных

математических методов постоянно проецируются на линию трассы. Тем самым устраняются погрешности позиционирования, а так как при этом осуществляется непрерывное отслеживание того, в каком направлении движется транспортное средство, и учитывается последовательность проследования остановочных пунктов, то исключаются случаи ложного определения направления движения, имеющие место в псевдодискретной модели.

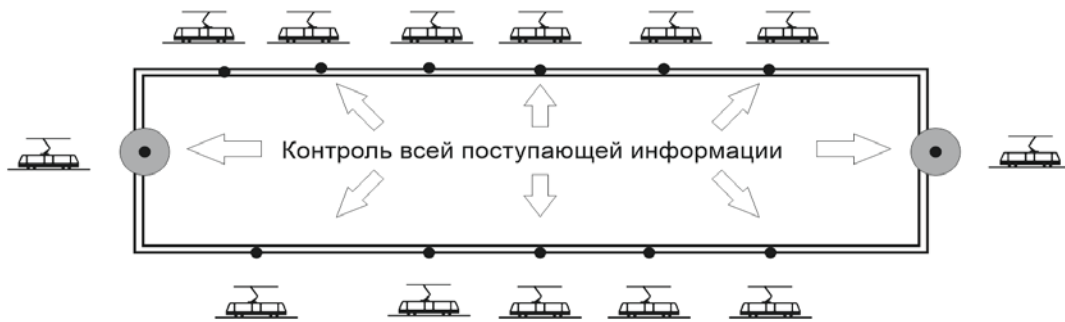


Рис. 6. Перманентная модель  
 Fig. 6. Permanent model

В условиях движения в городах трасса каждого маршрута не только формализуется, но и в рамках паспортизации дополняется всеми возможными вариантами оборота транспортных средств на маршрутной сети с целью оперативного принятия решений и отслеживания работы микроавтобусов. Направляя маршрутное транспортное средство в сокращенный или измененный рейс, инженер центра управления движением предоставляет ему определенный вариант регулирования движения, в результате транспорт работает по оперативному расписанию, а не выбывает из него. Этим решается еще одна проблема, состоящая в предоставлении недостоверной информации пассажиру (например, на табло, расположенных на остановочных пунктах) о времени прибытия маршрутного транспортного средства и недостоверной информации движения на терминал водителя, когда некоторые машины по решению инженера

следуют по измененному маршруту. Пример использования данной модели для оперативного управления движением маршрутных транспортных средств приведен на рис. 7.

Функции инженера центра управления движением в предлагаемой модели состоят не только в контроле за наличием на линии маршрутных транспортных средств и факта их движения, но и в том, чтобы обеспечивать и организовывать максимально точное выполнение установленного расписания движения, соблюдение интервалов движения, непрерывное движение транспорта на маршруте, своевременно принимая соответствующие меры. Более того, предоставление открытой достоверной информации о движении маршрутных транспортных средств поспособствует повышению доверия пользователей к маршрутному пассажирскому транспорту и в то же время дисциплинирует перевозчиков и оператора.

Экран оперативного управления движением пассажирского транспорта  
(для маршрута трамвая № 1)

Маршрут 1  
ЗЛГ-МСН  
17:28

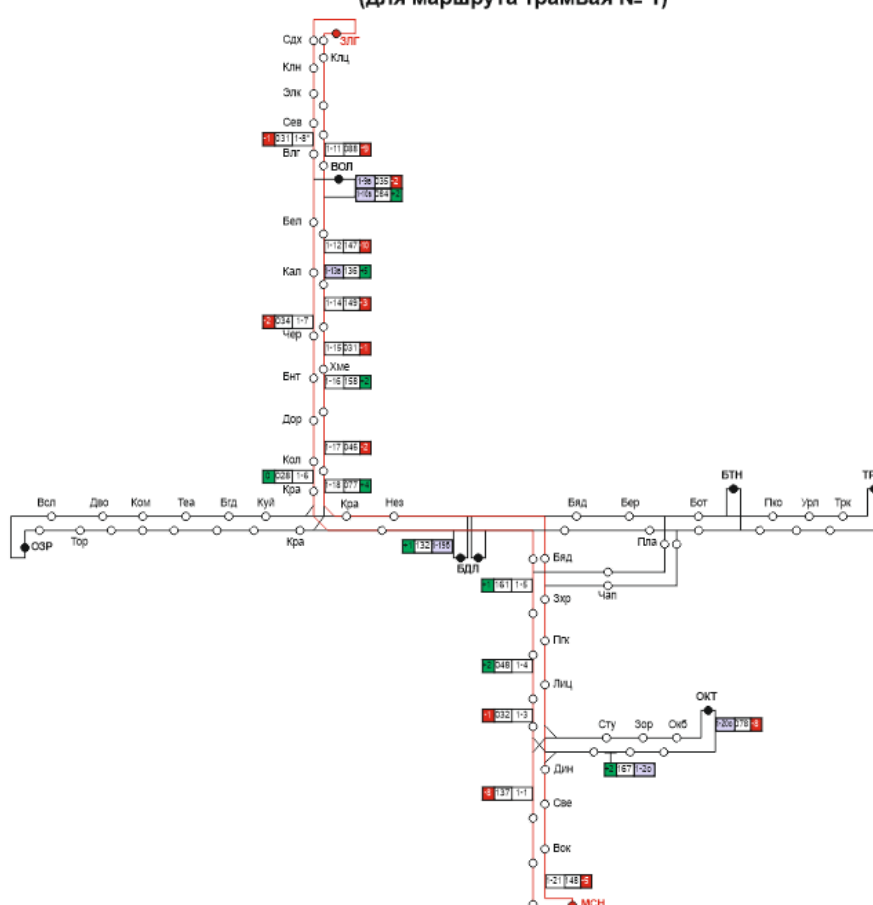


Рис. 7. Пример экрана (виртуальной мнемосхемы) оперативного управления движением маршрутных транспортных средств

Fig. 7. Example of a screen (virtual mnemonic diagram) for the operational control of route vehicles movement

## ВЫВОДЫ

1. Совершенствование работы маршрутного пассажирского транспорта возможно только при совместных усилиях заинтересованных сторон в различных направлениях. Именно деятельность в этих направлениях создает предпосылки для того, чтобы маршрутный пассажирский транспорт стал действительной альтернативой частному, предоставляя удобные способы передвижения по городу.

2. Единая информационная платформа будет способствовать цифровизации при организации процесса перевозки пассажиров в городах, что, несомненно, повысит привлекательность маршрутного пассажирского транспорта и качество оказываемых им услуг. Создание единой информационной платформы с использованием предлагаемого подхода к оперативному управлению движением повысит привлекательность маршрутного пассажирского транспорта, усилит его роль в городах, укрепит позиции и престиж данного вида транспорта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/>. Дата доступа: 01.10.2021.
2. В 2019 г. наземным общественным транспортом столицы перевезено на 24 млн пассажиров больше, чем в 2018-м [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://minsknews.by/v-2019-g-nazemnym-obshhestvennym-transportom-stoliczy-perevezeno-na-34-mln-passazhirov-bolshechem-v-2018-m/>. Дата доступа: 01.10.2021.
3. Минский метрополитен, официальный сайт Минского метро [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://metropoliten.by/>. Дата доступа: 01.10.2021.
4. Капский, Д. В. Роль организации дорожного движения в транспортной системе города / Д. В. Капский // Транспорт и сервис: сб. науч. тр. / отв. ред. С. И. Корягин. Калининград, 2013. Вып. 2: Функционирование устойчивых транспортных городских систем. С. 47–51.
5. О внесении изменений и дополнений в Правила автомобильных перевозок пассажиров [Электронный ресурс]: пост. Совета Министров Респ. Беларусь от 31.08.2018 № 636 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21800636&p1=1>. Дата доступа: 15.07.2021.
6. Капский, Д. В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении / Д. В. Капский. Минск: БНТУ, 2008. 242 с.
7. Капский, Д. В. Методология повышения качества дорожного движения / Д. В. Капский. Минск: БНТУ, 2018. 370 с.
8. Автоматизированные системы управления дорожным движением / Д. В. Капский [и др.]. Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2015. 367 с.
9. Транспортное моделирование и оценка условий дорожного движения с использованием навигационной информации / Д. В. Капский [и др.]. Минск: Капитал Принт, 2018. 144 с.
10. Капский, Д. В. Повышение качества дорожного движения в городах / Д. В. Капский // Транспортные си-

стемы мегаполисов. Проблемы и пути решения: тр. Междунар. науч.-практ. конф., Харьков, 11–12 окт. 2011 г. / редкол. А. Н. Туренко [и др.]. Харьков: Харьков. нац. автомоб.-дорожн. ун-т, 2011. С. 20–26.

11. Resilient Supply Chain Management Model / O. Larin [et al.] // SHS Web of Conferences. 2021. Vol. 93. P. 030051. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20219303005>.

Поступила 05.10.2021

Подписана в печать 07.12.2021

Опубликована онлайн 29.07.2022

## REFERENCES

1. National Statistical Committee of the Republic of Belarus. Available at: <https://www.belstat.gov.by/> (Accessed 1 October 2021) (in Russian).
2. In 2019 the Surface Public Transport of the Capital Carried 24 Million More Passengers Than in 2018. Available at: <https://minsknews.by/v-2019-g-nazemnym-obshhestvennym-transportom-stoliczy-perevezeno-na-34-mln-passazhirov-bolshechem-v-2018-m/> (Accessed 1 October 2021) (in Russian).
3. Minsk Metro, Official Website of the Minsk Metro. Available at: <https://metropoliten.by/> (Accessed 1 October 2021) (in Russian).
4. Kapskiy D. V. (2013) The Role of Traffic Management in the Transport of the City. *Transport i Servis: Sb. Nauch. Tr. Vyp. 2: Funktsionirovanie Ustoichivyykh Transportnykh Gorodskikh Sistem* [Transport and Service: Collection of Scientific Papers. Iss. 2: Operation of Sustainable Urban Transport System]. Kaliningrad, 47–51 (in Russian).
5. On Amendments and Additions to the Rules for Carriage of Passengers by Road: Decree of the Council of Ministers of the Republic of Belarus Dated 31.08.2018 No 636. *National Legal Internet Portal of the Republic of Belarus*. Available at: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21800636&p1=1> (Accessed 15 July 2021) (in Russian).
6. Kapskiy D. V. (2008) *Forecasting of Accidents in Road-traffic*. Minsk, Belarusian National Technical University. 242 (in Russian).
7. Kapskiy D. V. (2018) *Road Quality Improvement Methodology*. Minsk, Belarusian National Technical University. 370 (in Russian).
8. Kapskiy D. V., Vrbel' Yu. A., Navoi D. V., Rozhanskii D. V., Kot E. N. (2015) *Automated Traffic Control Systems*. Minsk, Novoye Znanie Publ.; Moscow, INFRA-M Publ. 367 (in Russian).
9. Kapskiy D. V., Kas'yanik V. V., Kaptsevich O. A., Mozalevskii D. V., Poznyak, A. S., Katkov A. V., Kuz'menko V. I., Volynets A. S. (2018) *Transport Modeling and Evaluation of Traffic Conditions Using Navigation Information*. Minsk, Capital Print Publ. 144 (in Russian).
10. Kapskiy D. V. (2011) Improving the Quality of Traffic in Cities. *Transportnye Sistemy Megapolisov. Problemy i Puti Resheniya: Tr. Mezhdunar. Nauch.-Prakt. Konf., Khar'kov, 11–12 Okt. 2011 g.* [Transport Systems of Megacities. Problems and Solutions: Proc. of Internat. Scient. and Pract. Conf., Kharkiv, Oct. 11–12, 2011]. Kharkiv, Kharkiv National Automobile and Highway University, 20–26 (in Russian).
11. Larin O., Tarasov D., Mirotin L., Rublev V., Kapskiy D. (2021) Resilient Supply Chain Management Model. *SHS Web of Conferences*, 93, 03005. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20219303005>.

Received: 05.10.2021

Accepted: 07.12.2021

Published online: 29.07.2022