

УДК 656.13

DOI 10.52928/2070-1616-2025-52-2-53-59

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДУБЛИРУЕМОСТИ МАРШРУТОВ И РАЗРАБОТКА НАПРАВЛЕНИЙ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА РЕГУЛЯРНОГО СООБЩЕНИЯ

канд. техн. наук, доц. С.А. АЗЕМША
(Белорусский государственный университет транспорта, Гомель)

В современных условиях функционирования пассажирских перевозчиков особенно актуальной становится задача оптимизации маршрутных сетей. Одной из наиболее распространенных проблем, снижающих эффективность их работы, является дублируемость маршрутов. В связи с этим возникает необходимость в разработке и применении научно обоснованных методов оценки и оптимизации маршрутных сетей, направленных на снижение дублируемости маршрутов и повышение эффективности использования пассажирских транспортных средств.

В рамках данной публикации рассматривается проблема дублированности маршрутов городского пассажирского транспорта регулярного сообщения г. Бреста. Для решения такой проблемы разработаны показатели оценки дублируемости, методика их расчета; определены значения для условий г. Бреста; приведены различные направления оптимизации работы городского пассажирского транспорта регулярного сообщения г. Бреста.

Ключевые слова: городской пассажирский транспорт, маршрут, оптимизация маршрутных сетей, дублированность маршрутов.

Введение. Проблеме дублируемости маршрутов (ДМ) городского пассажирского транспорта регулярного сообщения (ГПТРС) в научной литературе уделено немало внимания. Проведенный обзор такой литературы позволил сформировать следующие выводы:

1. ДМ имеет как положительные, так и отрицательные аспекты [1–4]. К положительным следует отнести:

- возможность выполнения передвижения без пересадки;
- альтернативные варианты поездки для пассажиров.

К отрицательным:

- высокую конкуренцию перевозчиков за пассажиров, особенно в межпиковое время, что является причиной нарушений правил дорожного движения водителем, создания конфликтных ситуаций, возникновения дорожно-транспортных происшествий;
- существенное усложнение работы пассажирских транспортных средств (ПТС) большой вместимости в связи с дроблением пассажиропотока между дублирующими маршрутами;
- применение автобусов малого и в редких случаях среднего класса на дублирующих маршрутах, что требует их большего количества для обеспечения провозной способности, а значит, и большего количества водителей, топлива и смазочных материалов, что ведет к увеличению стоимости функционирования ГПТРС;
- увеличение общего расхода топлива на всех дублирующих маршрутах, что закономерно будет способствовать росту количества загрязняющих веществ, выбрасываемых ПТС в атмосферу;
- большую сумму субсидий на покрытие межтарифной разницы при наличии маршрутов с регулируемым тарифом;
- низкую частоту движения ПТС на отдельных маршрутах;
- большую загруженность остановочных пунктов (ОП) и, как следствие, образование заторов и вероятность дорожно-транспортных происшествий;
- снижение скорости доставки пассажиров;
- снижение наполняемости, а значит, снижение окупаемости работы ГПТРС.

Утверждается, что положительные аспекты проявляются при допустимой дублируемости. Избыточная же дублируемость является источником описанных выше проблем.

Основная часть. Для оценки избыточности (допустимости) ДМ авторы предлагают ряд критериев [5; 6; 1; 3; 4; 7–11]. Избыточным дублированием предложено считать:

- по критерию, учитывающему протяженность одинаковых участков маршрутов: 60–95% [5], более 75% [6; 4; 8], более 70% [1; 3; 11; 9];
- по критерию, описанному в [7], – более 80% совпадения маршрутов признаются избыточным дублированием;
- по критерию, описанному в [10], – более 50% совпадения маршрутов признаются избыточным дублированием.

Для маршрутов с допустимым дублированием авторы предлагают синхронизацию расписания движения [6; 4; 7]. Для маршрутов с избыточным дублированием рекомендуется:

1) исключение маршрутов, обслуживаемых частными перевозчиками автобусами малой вместимости; обеспечение приоритета маршрутам, обслуживаемым троллейбусами с автономным ходом [12; 13]; закрытие автобусных и сохранение троллейбусных маршрутов при наличии 100% ДМ таких видов ГПТРС [9; 14; 15];

2) исключение дублирующих маршрутов [5; 3; 4; 7] по одному из следующих вариантов [4; 7] (рисунок 1):

а) оба маршрута проходят по одной и той же траектории и один маршрут длиннее второго – рекомендуется исключить менее протяженный маршрут;

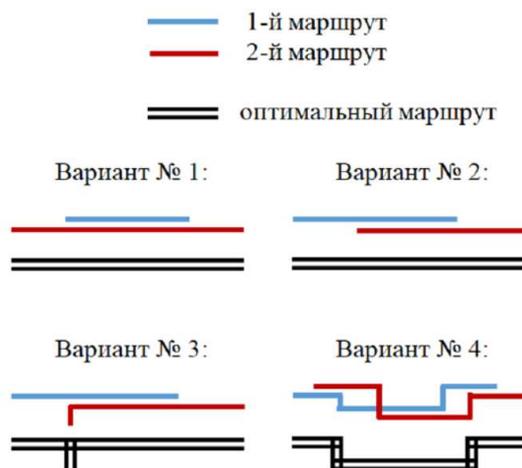


Рисунок 1. – Варианты ДМ ГПТРС [7]

б) требуется наличие двух маршрутов, пересекающихся по одной траектории, проходящей в центральной или срединной части города с совпадением на отдельных участках. В этом случае целесообразно удлинить любой из маршрутов таким образом, чтобы он включал в себя траекторию обоих маршрутов, т.е. вместо двух маршрутов создается один более длинный;

в) предполагается наличие пары маршрутов, в котором один может частично отклоняться в сторону от другого, при этом отклоняющийся маршрут, как правило, имеет несколько ОП в стороне от основных улиц и заканчивается конечным ОП. В этом случае целесообразно использовать новую схему движения маршрута, включающую оба маршрута с отклонением от основной траектории движения на несколько ОП и последующим возвратом;

г) предполагается наличие совпадающих по траектории движения маршрутов, однако отклоняющихся на одном–двух участках, расположенных на параллельных улицах на удалении до 500 м друг от друга. В этом случае целесообразно выбрать маршрут, проходящий между конечными точками обоих маршрутов по улицам более высокого уровня или включающий большее количества точек тяготения;

3) создание системы магистральных и подвозящих маршрутов [1; 3; 16; 13] (рисунок 2);

4) объединение маршрутов с перераспределением ПТС на наиболее востребованный [3].

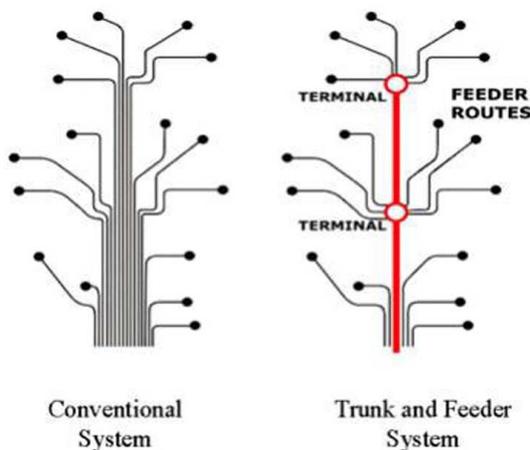


Рисунок 2. – Схемы организации движения ГПТРС [1]

Анализ литературы по ДМ ГПТРС послужил основой для разработки методики расчета показателей таковой дублируемости для г. Бреста и ее последующего применения в сложившихся условиях рассматриваемого населенного пункта. Для оценки ДМ использовались следующие локальные показатели:

- 1) коэффициент совпадения длины маршрутов [1; 3–6; 8; 9; 11]:

$$K2_{x,y} = \frac{\sum L_{оп_{x,y}}}{\sum L_{п_x}}, \quad (1)$$

где $\sum L_{оп_{x,y}}$ – суммарная длина перегонов, которые есть как на маршруте x , так и на маршруте y , км;
 $\sum L_{п_x}$ – суммарная длина перегонов на маршруте x , км.

Данный коэффициент показывает, насколько маршрут y дублирует маршрут x по длине. Чем ближе значение этого коэффициента к 1, тем больше такое дублирование, а чем ближе к 0 – тем меньше. Принято, что при значении $K2_{x,y} > 0,7$ дублирование маршрутом y маршрута x будет считаться избыточным;

- 2) коэффициент совпадения остановочных пунктов (ОП) маршрутов [7]:

$$K3_{x,y} = \frac{Кооп_{x,y}}{Коп_x}, \quad (2)$$

где $Кооп_{x,y}$ – количество ОП с одинаковым названием, которые есть как на маршруте x , так и на маршруте y , ед.;
 $Коп_x$ – общее количество ОП на маршруте x , ед.

Данный коэффициент показывает, насколько маршрут y дублирует маршрут x по количеству ОП с одинаковым названием. Чем ближе значение этого коэффициента к 1, тем больше такое дублирование, а чем ближе к 0 – тем меньше. Принято, что при значении $K3_{x,y} > 0,7$ дублирование маршрутом y маршрута x будет считаться избыточным;

- 3) коэффициент совпадения межостановочных связей маршрутов [10]:

$$K4_{x,y} = \frac{Комс_{x,y}}{Кмс_x}, \quad (3)$$

где $Комс_{x,y}$ – количество одинаковых межостановочных связей, которые есть как на маршруте x , так и на маршруте y , ед.;
 $Кмс_x$ – количество межостановочных связей на маршруте x , ед.

Данный коэффициент показывает, насколько маршрут y дублирует маршрут x по количеству межостановочных связей. Чем ближе значение этого коэффициента к 1, тем больше такое дублирование, а чем ближе к 0 – тем меньше. Принято, что при значении $K4_{x,y} > 0,5$ дублирование маршрутом y маршрута x будет считаться избыточным.

Описанные выше локальные показатели оценки ДМ ГПТРС позволяют оценивать дублируемость с точки зрения какого-то одного параметра (общих перегонов, одинаковых ОП и т.д.) и могут быть использованы для оценки дублируемости пары маршрутов.

Для одновременного учета нескольких локальных показателей ДМ ГПТРС предлагаются следующие интегральные показатели оценки такой дублируемости:

- 1) совокупный рейтинг дублируемости пары маршрутов:

$$RS_{x,y} = R2_{x,y} + R3_{x,y} + R4_{x,y}, \quad (4)$$

где $R2_{x,y}$ – рейтинг дублируемости маршрутом y маршрута x по коэффициенту $K2$;
 $R3_{x,y}$ – рейтинг дублируемости маршрутом y маршрута x по коэффициенту $K3$;
 $R4_{x,y}$ – рейтинг дублируемости маршрутом y маршрута x по коэффициенту $K4$.

В свою очередь:

$$R2_{x,y} = \frac{K2_{x,y}}{\max(K2)}, \quad (5)$$

$$R3_{x,y} = \frac{K3_{x,y}}{\max(K3)}, \quad (6)$$

$$R4_{x,y} = \frac{K4_{x,y}}{\max(K4)}, \quad (7)$$

где $\max(K2), \max(K3), \max(K4)$ – максимальное значение, соответственно, коэффициента $K2, K3, K4$.

Совокупный рейтинг дублируемости пары маршрутов позволит группировать (ранжировать) пары маршрутов по степени их дублируемости с одновременным учетом трех коэффициентов дублируемости. Чем выше значение $RS_{x,y}$, тем больше маршрут y дублирует маршрут x ;

2) рейтинг вклада маршрута в дублируемость:

$$R_x = RO_x + RR_x + RV_x, \quad (8)$$

где RO_x – относительный рейтинг вклада маршрута x в дублируемость;

RR_x – относительный рейтинг маршрута x по количеству выполняемых на нем оборотных рейсов;

RV_x – относительный рейтинг маршрута x по средней вместимости работающих на нем ПТС.

В свою очередь относительный рейтинг вклада маршрута x в дублируемость:

$$RO_x = \frac{RS_x}{\max(RS)}, \quad (9)$$

где RS_x – сумма всех совокупных рейтингов дублируемости пары маршрутов для маршрута x , для которых маршрут x имеет избыточную дублируемость хотя бы по одному коэффициенту дублируемости;

$\max(RS)$ – маршрут с максимальным значением RS_x .

Сумма всех совокупных рейтингов дублируемости пары маршрутов для маршрута x , для которых маршрут x имеет избыточную дублируемость хотя бы по одному коэффициенту дублируемости:

$$RS_x = \sum RS_{x,y} + \sum RS_{y,x}. \quad (10)$$

Относительный рейтинг маршрута x по количеству выполняемых на нем оборотных рейсов:

$$RR_x = 1 - \left(\frac{Op_x}{\max(Op)} \right), \quad (11)$$

где Op_x – количество оборотных приведенных рейсов, выполняемых на маршруте x ;

$\max(Op)$ – маршрут с максимальным значением количества оборотных приведенных рейсов.

Количество оборотных приведенных рейсов, выполняемых на маршруте x :

$$Op_x = \frac{247 \cdot Op_x + 118 \cdot Ov_x}{247 + 118}, \quad (12)$$

где Op_x – количество оборотных рейсов, выполняемых на маршруте x в рабочий день (представляется заказчиком данной НИР);

Ov_x – количество оборотных рейсов, выполняемых на маршруте x в выходной день (представляется заказчиком данной НИР);

118 – количество выходных дней в году;

247 – количество рабочих дней в году.

Относительный рейтинг маршрута x по средней вместимости работающих на нем ПТС:

$$RV_x = 1 - \left(\frac{V_x}{\max(V)} \right), \quad (13)$$

где V_x – средняя вместимость маршрутных транспортных средств, работающих на маршруте x (предоставляется заказчиком данной НИР);

$\max(V)$ – маршрут с максимальным значением вместимости работающих на нем ПТС.

Рейтинг вклада маршрута в дублируемость (выражение (8)) позволит ранжировать каждый отдельный маршрут по его вкладу в суммарную дублируемость для всей маршрутной сети за счет учета всех значений совокупного рейтинга дублируемости данного маршрута (выражение (4)), а также востребованности данного маршрута, выраженной количеством выполняемых на нем рейсов (выражение (11)) и средней вместимостью работающих на ПТС (выражение (13)). Чем выше значение R_x , тем больше вклад маршрута x в дублируемость маршрутной сети.

Описанные выше локальные и интегральные показатели ДМ ГПТРС были рассчитаны для маршрутной сети г. Бреста, представленной 95 маршрутами. Всего были рассчитаны значения:

- показателей (1)–(4) для 4230 пар маршрутов;
- показателя (8) для 95 маршрутов.

Было установлено, что наблюдается избыточная ДМ:

- по показателю $K_{2,x,y}$ – для 47 пар маршрутов;
- $K_{3,x,y}$ – для 104 пар маршрутов;
- $K_{4,x,y}$ – для 79 пар маршрутов.

С учетом этого были рассчитаны интегральные показатели ДМ:

- $RS_{x,y}$ – для 110 пар маршрутов;
- R_x – для 71 маршрута.

На основании анализа полученных значений локальных и интегральных критериев оценки ДМ ГПТРС разработан ряд направлений оптимизации работы ГПТРС г. Бреста:

1. Поэтапное исключение маршрутов с наибольшим значением совокупного рейтинга дублируемости пар маршрутов ($RS_{x,y}$) – позволяет обосновать целесообразность закрытия маршрута с целью ликвидации маршрута из пары маршрутов с наибольшей дублируемостью.

2. Поэтапное исключение маршрутов с наибольшим значением рейтинга вклада маршрута в дублируемость (R_x) – позволяет обосновывать целесообразность закрытия маршрута с учетом его дублируемости с другими маршрутами.

3. Первостепенное развитие троллейбусного ГПТРС – позволяет снижать вредное воздействие ГПТРС на экологическую обстановку, использовать энергию, полученную Белорусской АЭС.

4. Первостепенное развитие экспрессных ГПТРС частной формы собственности – позволяет снизить затраты бюджета на функционирование ГПТРС за счет передачи обслуживания пассажиров на экспрессные маршруты с возможной корректировкой (в сторону уменьшения) стоимости проезда.

5. Первостепенное развитие автобусного и троллейбусного ГПТРС государственной формы собственности – позволяет передать пассажиропоток с ГПТРС экспрессного сообщения на автобусный и троллейбусный виды ГПТРС, что повысит их наполняемость и, следовательно, окупаемость работы.

6. Создание системы магистральных и подвозных маршрутов (см. Рисунок 2) – позволит повысить окупаемость работы ГПТРС за счет повышения эффективности использования их пробега и вместимости.

Заключение. Таким образом, в данной публикации для разработки направлений оптимизации работы ГПТРС предложен ряд локальных и, разработанных автором данной статьи интегральных показателей оценки ДМ ГПТРС. На основании расчета их значений предложен ряд направлений оптимизации работы ГПТРС г. Бреста.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трощенко К.А., Карпушенко К.Р., Войтенков С.С. Дублирование маршрутов городского пассажирского транспорта: преимущества и недостатки // Образование. Транспорт. Инновации. Строительство: сб. материалов V Нац. науч.-практ. конф. / Омск (28–29 апр. 2022 г.) – Омск: Сиб. гос. автомобил.-дорож. ун-т (СибАДИ), 2022. – С. 236–240.
2. Выгузова А.О. Проблема дублирования маршрутов пассажирским транспортом в городе Иркутске и предложение по ее решению // Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения: сб. ст. V Междунар. науч.-практ. конф.: в 2 ч. / Пенза (05 авг. 2017 г.) – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2017. – Ч. 2. – С. 53–55.
3. Фаттахова А.Ф. Оценка дублирования регулярных маршрутов пассажирского транспорта города Оренбурга // Прогрессивные технологии в транспортных системах: сб. материалов XIV Междунар. науч.-практ. конф. / Оренбург (20–22 нояб. 2019 г.) – Оренбург: Оренбург. гос. ун-т, 2019. – С. 649–654.
4. Сиваков В.В., Тихомиров П.В., Камынин В.В. Исследование маршрутной совмещенности пассажирской сети города Брянска // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – № 3(74). – С. 43–49. DOI: 10.33979/2073-7432-2021-74-3-43-49
5. Енин Д.В. Подходы к определению уровня дублирования маршрутов регулярных перевозок // Мир транспорта. – 2021. – Т. 19, № 1(92). – С. 210–228. DOI: 10.30932/1992-3252-2021-19-1-210-228
6. Сиваков В.В., Камынин В.В., Тихомиров П.В. Совершенствование транспортного обслуживания в городе Брянске // Мир транспорта. – 2022. – Т. 20, № 4(101). – С. 105–110. DOI: 10.30932/1992-3252-2022-20-4-9
7. Касаткина Е.В., Вавилова Д.Д. Анализ данных системы городского общественного транспорта для решения проблемы дублируемости маршрутов // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2022. – № 1. – С. 66–78. DOI: 10.17308/sait.2022.1/9202
8. Подшивалова К.С., Назаров В.А. Анализ работы системы общественного транспорта г. Пензы // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2021. – № 5(36). – С. 121–129.
9. Мелашенко О.И. Некоторые результаты внедрения новой схемы маршрутов общественного транспорта в г. Волгограде // Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли юга России: материалы XII Междунар. науч.-техн. конф. / Волгоград (23–25 мая 2018 г.) – Волгоград: Волгоград. гос. техн. ун-т, 2018. – С. 211–215.
10. Таубкин Г.В. Межмаршрутное дублирование: количественные методы анализа = Route redundancy: quantitative methods of analysis // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния = Social and economic problems of city transport systems and their influence areas' development and functioning: материалы XXIII Междунар. (XXVI Екатеринбургской, I Минской) науч.-практ. конф. / Минск (16–17 июня 2017 г.) – Минск: БНТУ, 2017. – С. 260–267.

11. Митюгин В.А., Пышный В.А. Анализ основных параметров функционирования систем муниципального пассажирского транспорта общего пользования на примере города Тулы // 60-я Науч.-практ. конф. проф.-препод. состава ТулГУ с всерос. участием: сб. докладов / Тула (05–09 февр. 2024 г.). – Тула: Тул. гос. ун-т, 2024. – С. 162–170.
12. Сиваков В.В., Боровая К.С., Дракунов И.И. Перспективы развития автопарка общественного транспорта в г. Брянске // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2022. – № 4. – С. 44–50. DOI: 10.15593/24111678/2022.04.05
13. Грищук Д.В. Оценка эффективности системы автобусного транспорта Казани // Молодеж. вестн. ИрГТУ. – 2019. – Т. 9, № 2. – С. 82–87.
14. Федорченко А.Г., Гвоздь А.А. Проблемы и пути решения дублирования автобусных маршрутов г. Горловка // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса 2018: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. / Горловка (24 мая 2018 г.). – Горловка: Донец. нац. техн. ун-т, 2018. – С. 270–272.
15. Якимов М.Р. Этапы формирования эффективной маршрутной системы городского пассажирского транспорта общего пользования города Дзержинска // Бюллетень транспортной информации. – 2020. – № 5(299). – С. 11–15.
16. Трощенко К.А., Войтенков С.С. Повышение качества транспортного обслуживания за счет устранения неэффективного дублирования маршрутов // Техника и технологии наземного транспорта: сб. тр. аспирантов (с междунар. участием) / под науч. ред. Е.Е. Витвицкого. – Омск: Сиб. гос. автомобил.-дорож. ун-т (СибАДИ), 2022. – С. 55–63.

REFERENCES

1. Troshchenko, K.A., Karpushchenko, K.R. & Voitenkov, S.S. (2022). Dublirovaniye marshrutov gorodskogo passazhirskogo transporta: preimu-shchestva i nedostatki. *Obrazovanie. Transport. Innovatsii. Stroitel'stvo: Sbornik materialov V Natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Omsk, 28–29 apr. 2022 g.* (236–240). Omsk: Sibirskii gosudarstvennyi avtomobil'no-dorozhnyi universitet (SibADI). (In Russ.).
2. Vyuzova, A.O. (2017). Problema dublirovaniya marshrutov passazhirskim transportom v gorode Irkutske i predlozhenie po ee reshe-niyu. *Nauka i innovatsii v XXI veke: aktual'nye voprosy, otkrytiya i dostizheniya: sbornik statei V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: v 2 ch., Penza, 05 avgusta 2017 g., Chast' 2* (53–55). Penza: Nauka i Prosveshchenie (IP Gulyaev G.Yu.). (In Russ.).
3. Fattakhova, A.F. (2019). Otsenka dublirovaniya regul'yarnykh marshrutov passazhirskogo transporta goroda Orenburga. *Progressivnye tekhnologii v transportnykh sistemakh: Sbornik materialov XIV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Orenburg, 20–22 noyab. 2019 g.* (649–654). Orenburg: Orenburgskii gosudarstvennyi universitet. (In Russ.).
4. Sivakov, V.V., Tikhomirov, P.V. & Kamynin, V.V. (2021). Issledovaniye marshrutnoi sovmeshchennosti passazhirskoi seti goroda Bryanska [Study of the Route Alignment of the Passenger Network in the Bryansk Town]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin [World of transport and technological machines]*, 3(74), 43–49. DOI: 10.33979/2073-7432-2021-74-3-43-49 (In Russ., abstr. in Engl.).
5. Enin D.V. (2021). Podkhody k opredeleniyu urovnya dublirovaniya marshrutov regul'yarnykh perevozk [Approaches to Determining the Regular Transit Route Duplication Level]. *Mir transporta [World of Transport and Transportation]*, 19-1(92), 210–228. DOI: 10.30932/1992-3252-2021-19-1-210-228 (In Russ., abstr. in Engl.).
6. Sivakov, V.V., Kamynin, V.V. & Tikhomirov, P.V. (2022). Sovershenstvovaniye transportnogo obsluzhivaniya v gorode Bryanske [Improving Transport Services in Bryansk]. *Mir transporta [World of Transport and Transportation]*, 20-4(101), 105–110. DOI: 10.30932/1992-3252-2022-20-4-9 (In Russ., abstr. in Engl.).
7. Kasatkina, E.V. & Vavilova, D.D. (2022). Analiz dannykh sistemy gorodskogo obshchestvennogo transporta dlya resheniya problemy dublirovaniya marshrutov [Data Analysis of Public Urban Transport System to Solve the Problem of Route Duplication]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sistemnyi analiz i informatsionnye tekhnologii [Proceedings of VSU, Series: Systems Analysis and Information Technologies]*, (1), 66–78. DOI 10.17308/sait.2022.1/9202 (In Russ., abstr. in Engl.).
8. Podshivalova, K.S. & Nazarov, V.A. (2021). Analiz raboty sistemy obshchestvennogo transporta g. Penzy [Analysis of Public Transport System Operation in Penza]. *Obrazovanie i nauka v sovremennom mire. Innovatsii*, 5(36), 121–129. (In Russ., abstr. in Engl.).
9. Melashchenko, O.I. (2018). Nekotorye rezul'taty vnedreniya novoi skhemy marshrutov obshchestvennogo transporta v g. Volgograde. *Molodezh' i nauchno-tekhnicheskii progress v dorozhnoi otrasli yuga Rossii: materialy XII Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, Volgograd, 23–25 maya 2018 g.* (211–215). Volgograd: Volgogradskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet. (In Russ.).
10. Taubkin, G.V. (2017). Mezhdublirovaniye: kolichestvennyye metody analiza [Route redundancy: quantitative methods of analysis]. *Sotsial'no-ekonomicheskie problemy razvitiya i funktsionirovaniya transportnykh sistem gorodov i zon ikh vliyaniya [Social and economic problems of city transport systems and their influence areas' development and functioning: materialy XXIII Mezhdunarodnoi (XXVI Ekaterinburgskoi, I Minskoi) nauchno-prakticheskoi konferentsii, Minsk, 16–17 iyunya 2017 g.* (260–267). Minsk: BNTU. (In Russ.).
11. Mityugin, V.A. & Pyshnyi, V.A. (2024). Analiz osnovnykh parametrov funktsionirovaniya sistem munitsipal'nogo passazhirskogo transporta obshchego pol'zovaniya na primere goroda Tuly. *60-ya Nauchno-prakticheskaya konferentsiya prof.-prepod. sostava TulGU s vseros. uchastiem: sb. dokl., Tul'a, 05–09 fevr. 2024 g.* (162–170). Tula: Tul'skii gosudarstvennyi universitet. (In Russ.).
12. Sivakov, V.V., Borovaya, K.S. & Drakunov, I.I. (2022). Perspektivy razvitiya avtoparka obshchestvennogo transporta v g. Bryanske [Prospects for the Development of the Fleet of Public Transport in the City of Bryansk]. *Transport. Transportnye sooruzheniya. Ekologiya [Transport. Transport Facilities. Ecology]*, (4), 44–50. DOI: 10.15593/24111678/2022.04.05 (In Russ., abstr. in Engl.).
13. Grishchuk, D.V. (2019). Otsenka effektivnosti sistemy avtobusnogo transporta Kazani. *Molodezhnyi vestnik IrGTU*, 9(2), 82–87. (In Russ.).

14. Fedorchenko, A.G. & Gvozd', A.A. (2018). Problemy i puti resheniya dublirovaniya avtobusnykh marshrutov g. Gorlovka. *Nauchno-tekhnicheskie aspekty razvitiya avtotransportnogo kompleksa 2018: materialy IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Gorlovka, 24 maya 2018 g.* (270–272). Gorlovka: Donets. nats. tekhn. un-t. (In Russ.).
15. Yakimov, M.R. (2020). Etapy formirovaniya effektivnoi marshrutnoi sistemy gorodskogo passazhirskogo transporta obshchego pol'zovaniya goroda Dzerzhinska. *Byulleten' transportnoi informatsii*, 5(299), 11–15. (In Russ.).
16. Troshchenko, K.A. & Voitenkov, S.S. (2022). Povyshenie kachestva transportnogo obsluzhivaniya za schet ustraneniya neeffektivnogo dublirovaniya marshrutov. In E.E. Vitvitskogo (Ed.). *Tekhnika i tekhnologii nazemnogo transporta: sb. tr. aspirantov (s mezhdunar. uchastiem)* (55–65). Omsk: Sibirskii gosudarstvennyi avtomobil'no-dorozhnyi universitet (SibADI). (In Russ.).

Поступила 02.07.2025

**CALCULATION OF ROUTE DUPLICATION INDICATOR
AND DEVELOPMENT OF OPTIMIZATION DIRECTIONS OF WORK
CITY PASSENGER TRANSPORT REGULAR SERVICE**

S. AZEMSHA

(Belarusian State University of Transport, Gomel)

In the current conditions of passenger carriers' operation, the task of optimising route networks becomes particularly relevant. One of the most widespread problems reducing the efficiency of their work is route duplication. In this regard, there is a need to develop and apply scientifically based methods of evaluation and optimisation of route networks aimed at reducing route duplication and increasing the efficiency of passenger transport vehicles.

This publication considers the problem of duplication of regular urban passenger transport routes in Brest. In order to solve this problem, the indicators of duplicability assessment, the methodology of calculation of such indicators, their values for the conditions of Brest are developed, and various directions of optimisation of urban regular passenger transport of Brest are given.

Keywords: urban passenger transport, route, optimization of route networks, duplication of routes.