

УДК 856.12

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ  
НА РАБОТУ ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТОВ  
НА МАГИСТРАЛЬНОЙ СЕТИ КРУПНЕЙШИХ СИМБИОТИЧЕСКИХ ГОРОДОВ**

*ЛЮ ЮЙВЭЙ, д-р техн. наук, доц. Д.В. КАПСКИЙ, канд. техн. наук, доц. С.В. СКИРКОВСКИЙ  
(Белорусский национальный технический университет, Минск)*

*Рассмотрены результаты исследования влияния размещения остановочных пунктов, расположенных на магистральной улично-дорожной сети симбиотических крупнейших городов, на эффективность транспортной системы и условий движения маршрутного безрельсового пассажирского транспорта. Выявлены специфические закономерности при наличии остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта на перегоне, в зоне перекрестков. Предложены формулы для определения времени стоянки маршрутных пассажирских транспортных средств на остановочных пунктах в зависимости от количества входящих и выходящих пассажиров. Проанализированы интенсивность движения и зависимость количества перестроений от интенсивности движения маршрутных транспортных средств.*

**Ключевые слова:** транспортная система, маршрутный пассажирский транспорт, остановочные пункты, условия движения, интенсивность движения, эффективность.

**Введение.** Современный симбиотический город является сложным, саморазвивающимся организмом, который постоянно пытается сделать свою транспортную систему более устойчивой<sup>1,2</sup> [1]. Это, как правило, достигается за счет разработки планов устойчивой городской мобильности, совершенствования работы маршрутного пассажирского транспорта и городской логистики, развития систем и средств индивидуальной мобильности, а также альтернативных (немоторизованных) видов транспорта (велосипедный, самокатный и пр.) и многих других аспектов [1–5]. Таким образом происходит трансформация транспортной системы и организации городского движения [2; 4; 6–9]<sup>2,3</sup>. Согласно докладу ООН, посвященному изучению перспектив урбанизации, к 2050 г. около 70% жителей нашей планеты будут проживать в городах. Это создает новые вызовы в вопросах планирования городского пространства и стратегий бизнес-сообщества в плане обслуживания конечных потребителей (распределение товаров в розничных точках и обеспечение интернет-продаж), обеспечения рабочей силой предприятий, планирования развития маршрутного пассажирского транспорта как со стороны исполкомов (муниципалитетов), так и как совокупности коммерческих услуг (такси, аренда транспортных средств, коммерческие маршруты). Согласно данным Всемирного Банка, именно города и мегаполисы генерируют 80% глобального ВВП и являются центрами экономического и социального взаимодействия. В связи с этим необходимо сделать транспортную систему более устойчивой, способной к дальнейшим вызовам развитию за счет эффективной системы маршрутного пассажирского транспорта, в которую входит подвижные единицы и инфраструктура (участки улиц и дорог, терминалы, пересадочные узловые станции с перехватывающими парковками, заездные карманы и остановочные пункты с их обустройством, и пр.). Однако в настоящее время мало внимания уделяется оптимизации размещения остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта, особенно на магистральной улично-дорожной сети симбиотических городов, за счет которой можно снизить непродуктивные издержки (потери) дорожного движения (время простоя маршрутного пассажирского транспорта, задержки при выезде с заездного кармана, задержки перед стоп-линией при ожидании разрешающего сигнала при подъезде к остановочному пункту, перепроход пешеходов между остановочными пунктами (например, через перекресток) при неоптимальном размещении остановочных пунктов в зоне перекрестков и пр.).

**Методы исследования.** Исследования проводились с целью выявления поведения маршрутных пассажирских транспортных средств (МПТС) и основного транспортного потока в зоне остановочных пунктов (ОП) МПТС при расположении, указанном на рисунке 1 (при размещении ОП МПТС в кармане, без кармана, при наличии и отсутствии стоянки за ОП МПТС), а также при аналогичном расположении относительно СФО при другом типе пересечения или отсутствии перекрестка.

<sup>1</sup> Капский, Д.В. Градостроительные аспекты организации движения / Д.В. Капский, А.С. Луцкович // Перспективы развития транспортного комплекса : материалы IV Междунар. заоч. науч.-практ. конф. – 2018. – С. 90–95.

<sup>2</sup> Капский, Д.В. Некоторые вопросы дорожного движения: проблемы, подходы и правовые аспекты / Д.В. Капский // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XXIV Междунар. (XXVII Екатеринбургской, II Минской) науч.-практ. конф., 2018. – С. 296–311.

<sup>3</sup> Капский, Д.В. Проблемы дорожного движения / Д.В. Капский, Ф.Г. Глик // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 13-й Междунар. науч.-техн. конф. (68-й науч.-техн. конф. профес.-преподават. состава, науч. работников, докторантов и аспирантов БНТУ) : в 4 т. – 2015. – С. 234–235.

В ходе исследования было выбрано 23 ОП МПТ, по 4–5 каждого вида. Определялись геометрические параметры зоны ОП МПТ, фиксировалось время прибытия (убытия) МПТС к (от) ОП МПТ (относительно времени цикла СФО), интенсивность движения (ИД) по крайней правой полосе, количество перестроений в зоне ОП МПТ.

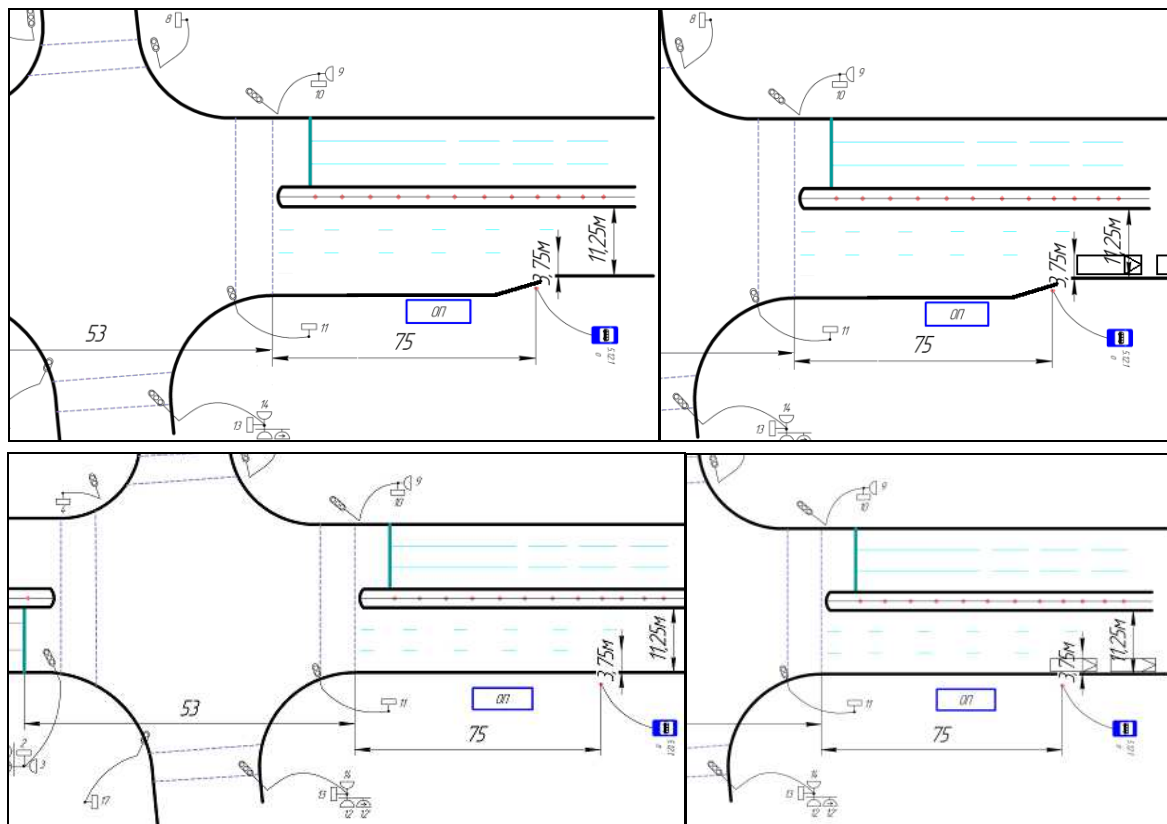


Рисунок 1. – Расположение исследуемых ОП МПТ

**Основная часть.** При исследовании времени прибытия (убытия) установлено, что при наличии кармана выезд МПТС из кармана 35% на ЗС и 65% начало движение МПТС на ЗС, при отсутствии кармана 45% на ЗС и 55% на КС. 40% МПТС прибывает на последнюю треть горения ЗС, 38% МПТС выезжает на последнюю треть горения ЗС (т.е. большая часть). Выезд МПТС из кармана при наличии стоянки за ОП МПТ происходит дольше, чем при отсутствии стоянки.

Проведенные исследования доказывают, что при расчете пропускной способности ОП МПТ нельзя опираться на ИД по крайней правой полосе. Во-первых, если есть стоянка перед ОП МПТ по ходу движения, МПТС перестраивается уже не в первую полосу, а во вторую. Во-вторых, при отсутствии кармана выезду МПТС из ОП МПТ вообще ничего не препятствует. В-третьих, при наличии кармана при любой интенсивности движения МПТС разница в ИД основного потока по крайней правой полосе будет различна, т.е. важно еще учитывать время суток, что усложняет исследования и расчеты. Если после ОП МПТ есть поворот МПТС налево, то оно перестраивается не в крайнюю правую полосу при выезде из кармана, а в ту, с которой разрешен поворот налево, т.е. в любом случае учитывать надо общую ИД по проезжей части. При маленьком интервале движения МПТС на ОП МПТ зачастую прибывает более одного МПТС. Длины кармана на практике часто не хватает, ввиду этого МПТС останавливаются в начале отгона уширения (рисунок 2), вследствие чего перекрывают частично крайнюю правую полосу движения.

На рисунке 3 показана зависимость ИД по крайней правой полосе от ИД в направлении движения при отсутствии стоянки и наличии кармана в зоне ОП МПТ. МПТС, останавливающиеся на ОП МПТ, не включались в состав потока. Доля ИД по крайней правой полосе при наличии кармана и отсутствии стоянки – 38% и 46% соответственно при наличии трех и двух полос на проезжей части или части дороги для движения в одном направлении.

На рисунке 4 показана зависимость ИД по крайней правой полосе от ИД в направлении движения при отсутствии кармана в зоне ОП МПТ. Доля ИД по крайней правой полосе при отсутствии кармана – 26% и 36% соответственно при наличии трех и двух полос на проезжей части или части дороги для движения в одном направлении. Количество исследуемых ОП МПТ ограничено, поэтому для построения графиков предварительно группировались по интенсивности движения МПТС.

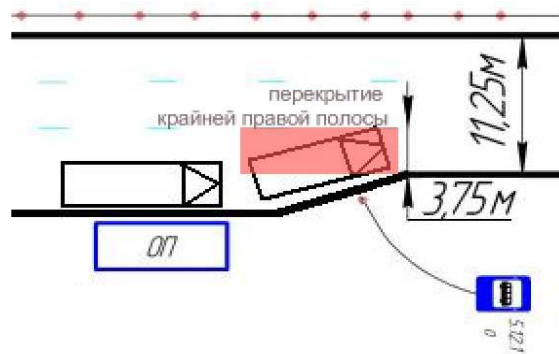


Рисунок 2. – Перекрытие крайней правой полосы МПТС

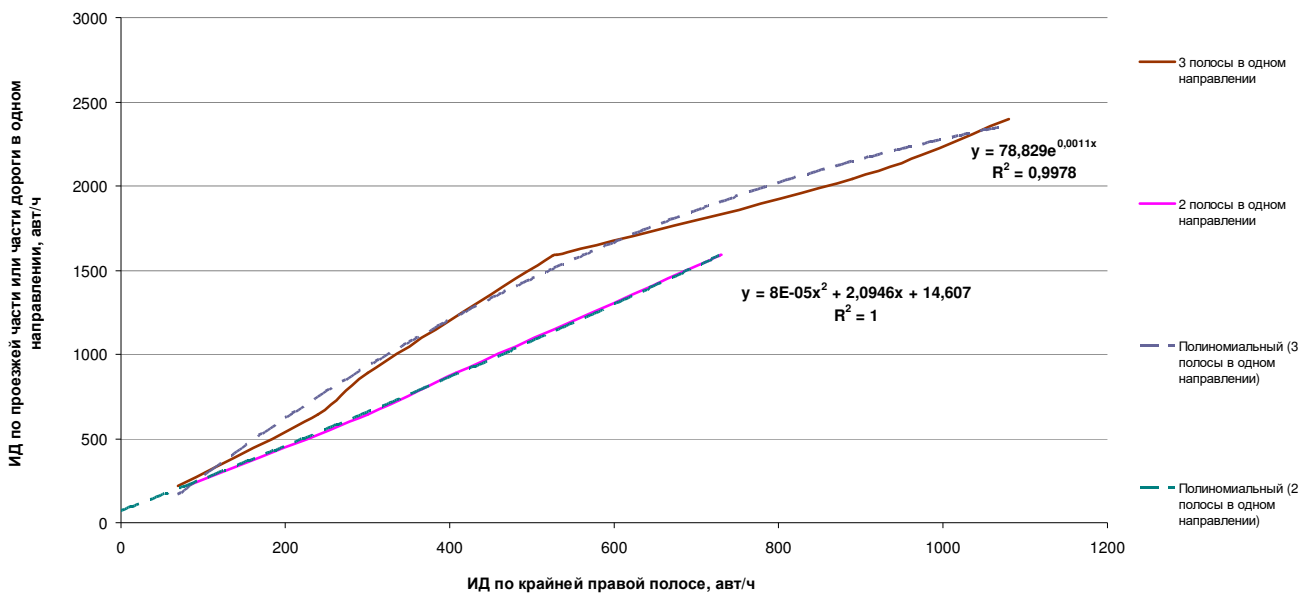


Рисунок 3. – Интенсивность движения по крайней правой в зоне ОП МПТС при отсутствии стоянки, наличии кармана шириной не менее 3 м (интенсивность движения МПТС – 42 п.е./ч)

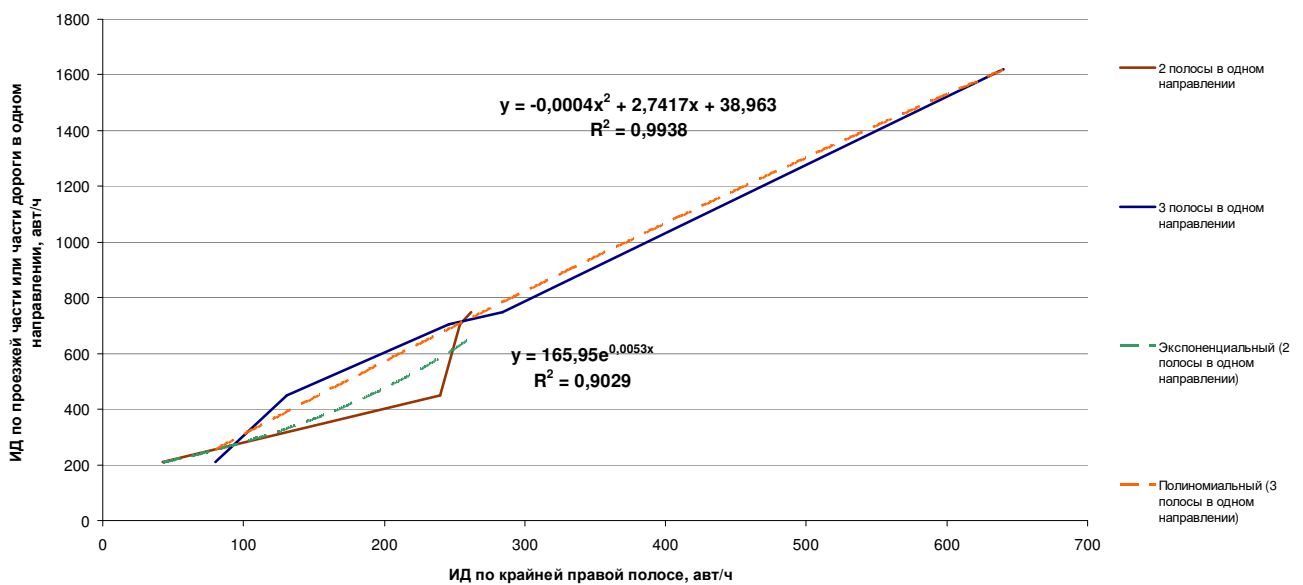


Рисунок 4. – Интенсивность движения по крайней правой при отсутствии кармана, (интенсивность движения МПТС – 23 п.е./ч)

Влияние интенсивности движения МПТС на интенсивность движения по крайней правой полосе показано на рисунках 5–7.

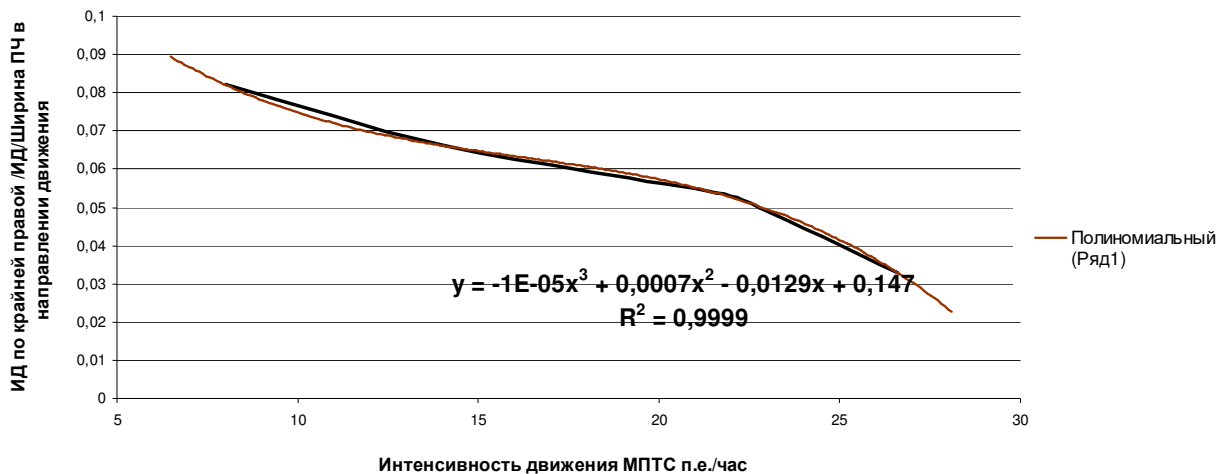


Рисунок 5. – Зависимость отношения ИД по крайней правой/ИД/ширина проезжей части в направлении движения от интенсивности движения МПТС при наличии кармана

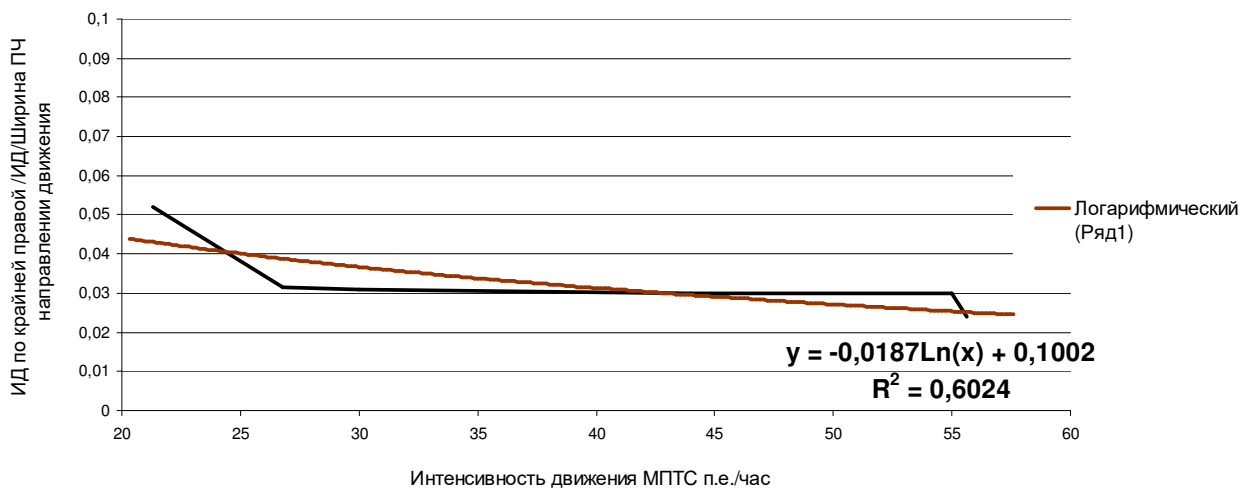


Рисунок 6. – Зависимость отношения ИД по крайней правой/ИД/ширина проезжей части в направлении движения от интенсивности движения МПТС при отсутствии кармана

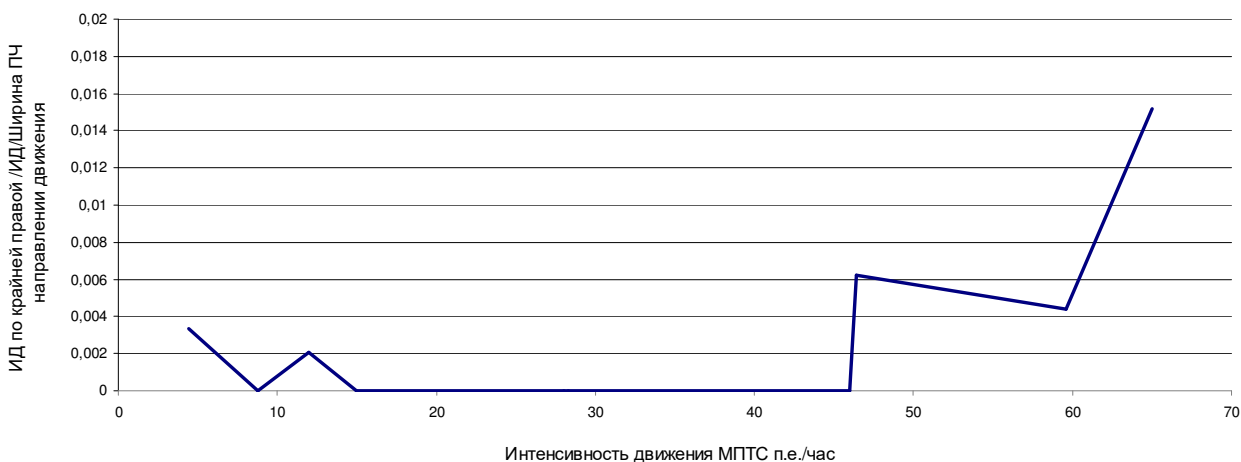


Рисунок 7. – Зависимость отношения ИД по крайней правой/ИД/ширина проезжей части в направлении движения от интенсивности движения МПТС при наличии стоянки

Как видно из рисунка 7, при наличии стоянки четкой зависимости нет, т.к. влияние оказывает еще и длина расположения припаркованных автомобилей на проезжей части. Кроме того, здесь нет разделения по наличию или отсутствию карманов. Видно, что при высокой интенсивности движения МПТС график идет вверх, это обусловлено именно наличием карманов при такой интенсивности.

Что касается перестроений, то в зоне ОП МПТ их можно разделить на следующие: при наличии кармана на выезде МПТС с ОП МПТ с первой и второй полосы; перестроения при недостаточной ширине кармана с первой полосы; перестроения при отсутствии кармана с первой полосы; при наличии стоянки за ОП МПТ при выезде МПТС. На рисунке 8 приведена зависимость доли перестроений (от общей ИД в данном направлении) при выезде из кармана от интенсивности движения МПТС. Здесь учитывались общая ИД, т.к. при выезде перестраивались не только с крайней правой, но и со второй полосы. Перестроения обусловлены именно выездом из кармана, а не другими причинами. Такие перестроения происходят в зоне ОП МПТ или за 10–20 м от остановившегося МПТС на ОП МПТ.

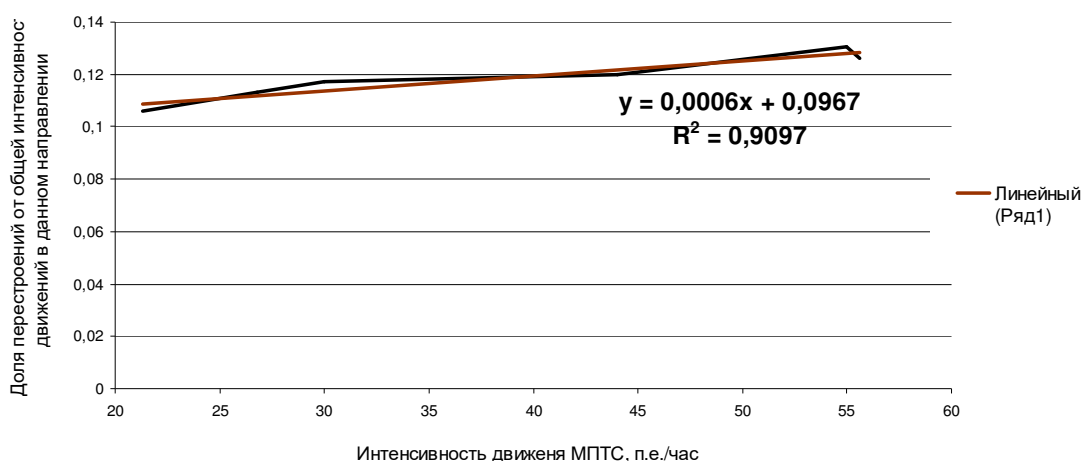


Рисунок 8. – Зависимость доли перестроений от ИД МПТС при выезде из кармана

На рисунке 9 показана зависимость доли перестроений от ИД по крайней правой полосе при отсутствии кармана или при наличии стоянки. Учитывались перестроения, совершаемые с крайней правой полосы при стоящем МПТС на ОП МПТ. В некоторых случаях перестроений при отсутствии кармана и наличии сплошной стоянки не было именно ввиду того, что интенсивность по крайнему правому ряду была равна нулю.

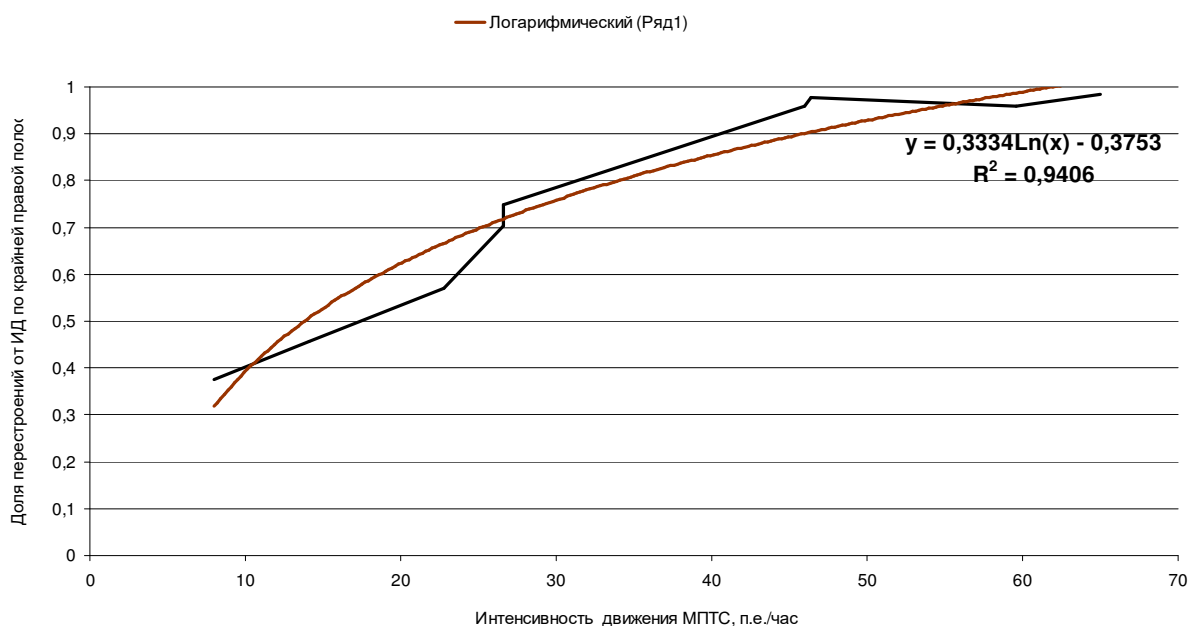


Рисунок 9. – Зависимость доли перестроений от ИД по крайней правой полосе при отсутствии кармана или при наличии стоянки

На рисунке 10 показано распределение перестроений по количеству и месту при отсутствии кармана или наличии стоянки перед карманом по ходу движения. Количество перестроений в зоне ОП МПТ и до 20 м от остановившегося МПТС существенно выше за счет входящего правоповоротного потока. Следует отметить, что в большинстве случаев в это время основному транспортному потоку горел КС, поэтому у входящего справа была возможность беспрепятственно перестраиваться в первую полосу при наличии кармана и во вторую полосу (через первую) при его отсутствии.

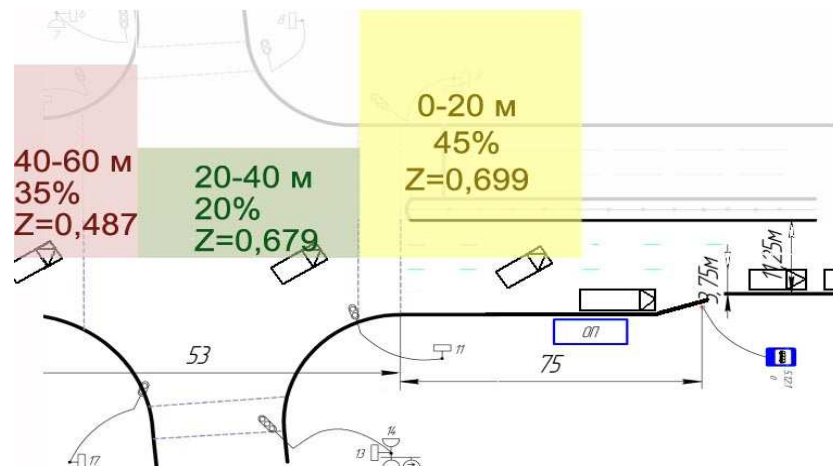


Рисунок 10. – Перестроения при отсутствии кармана или при наличии стоянки

**Заключение.** Установлено, что при наличии ОП МПТ на перегоне, при отсутствии кармана при ширине проезжей части 9 м и расстоянии между ОП МПТ 30 м и менее возникают проблемы при объезде МПТС на ОП МПТ. При интервале движения МПТС 3 мин и времени обслуживания 20 с вероятность одновременной стоянки двух МПТС на противоположных ОП МПТ равна 67%. Чтобы достичь интервала движения МПТС в 3 мин, необходимо всего лишь 4 маршрута с интервалом в 10 мин для каждого из них. Предложены формулы для вычисления времени стоянки МПТС в зависимости от количества входящих и выходящих пассажиров. В ходе выполнения исследования была определена однородность данных интервала движения по информационным таблицам и фактического интервала движения МПТС на ОП МПТ. Определены зависимости ИД по крайней правой полосе от ИД МПТС, количества перестроений от ИД МПТС.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Капский, Д.В. Обобщенные подходы к решению задач формирования сети городского пассажирского транспорта / Д.В. Капский // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2021. – № 4(73). – С. 15–25.
- Скиркоцкий, С.В. Моделирование функционально-планировочной структуры города / С.В. Скиркоцкий, Д.В. Капский, Л.А. Лосин // Вест. Белорус. гос. ун-та транспорта. – 2021. – № 2(43). – С. 11–15.
- Семченков, С.С. Снижение непродуктивных затрат маршрутного пассажирского транспорта секторальным методом / С.С. Семченков, Д.В. Капский // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2022. – № 3. – С. 85–90.
- Капский, Д.В. Транспортные передвижения для построения сети городского пассажирского транспорта и транспортной системы в целом / Д.В. Капский // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2022. – № 1(74). – С. 17–30.
- Капский, Д.В. Методология повышения качества дорожного движения / Д.В. Капский. – Минск : БНТУ, 2018. – 370 с.
- Капский, Д.В. Повышение качества дорожного движения в очагах аварийности / Д.В. Капский // Наука и техника. – 2015. – № 3. – С. 36–43.
- Капский, Д.В. Методические аспекты проектирования транспортных объектов / Д.В. Капский, Р.Ю. Лагерева // Вестн. Иркут. гос. техн. ун-та. – 2014. – № 7(90). – С. 78–85.
- Капский, Д.В. Исследование влияния светофорного объекта на функционирование ОП МПТ / Д.В. Капский, Т.Н. Самойлович // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2013. – № 2(39). – С. 46–54.
- Капский, Д.В. Повышение безопасности дорожного движения на основе комплексного учета потерь / Д.В. Капский, А.И. Рябчинский // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. – 2012. – № 5(77). – С. 37–40.

#### REFERENCES

- Kapский, D.V. (2021). Obobshchennyye podkhody k resheniyu zadach formirovaniya seti gorodskogo passa-zhirskogo transporta [Generalized approaches to solving problems of urban passenger transport network formation], *Vestnik Belorussko-Rossiyskogo universiteta* [Bulletin of the Belarusian-Russian University], 4(73), 15–25. (In Russ., abstr. in Engl.).
- Skirkovskiy, S.V. & Losin, L.A. (2021). Modelirovaniye funktsional'no-planirovochnoy struktury goroda [Modeling of the functional planning structure of the city]. *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta transporta* [Bulletin of the Belarusian State University of Transport], 2(43), 11–15. (In Russ., abstr. in Engl.).

3. Semchenkov, S.S. & Kapskiy, D.V. (2022). Snizheniye neproduktivnykh zatrat marshrutnogo passazhirskogo transporta sektoral'nym metodom [Reduction of unproductive costs of route passenger transport by the sectoral method]. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya V. Promyshlennost'. Prikladnyye nauki* [Bulletin of the Polotsk State University. Series B. Industry. Applied Science], (3), 85–90. (In Russ., abstr. in Engl.).
4. Kapskiy, D.V. (2022). Transportnyye peredvizheniya dlya postroyeniya seti gorodskogo passazhirskogo transporta i transportnoy sistemy v tselom [Transport movements for building a network of urban passenger transport and the transport system as a whole]. *Vestnik Belorussko-Rossiyskogo universiteta* [Bulletin of the Belarusian-Russian University], 1(74), 17–30. (In Russ., abstr. in Engl.).
5. Kapskiy, D.V. (2018). *Metodologiya povysheniya kachestva dorozhnogo dvizheniya* [Methodology for improving the quality of road traffic]. Minsk: BNTU. (In Russ.).
6. Kapskiy, D.V. (2015). Povysheniye kachestva dorozhnogo dvizheniya v ochagakh avariynosti [Improving the quality of traffic in the centers of accidents]. *Nauka i tekhnika* [Science and technology], (3), 36–43. (In Russ., abstr. in Engl.).
7. Kapskiy, D.V. & Lagerev, R.Yu. (2015). Metodicheskiye aspekty proyektirovaniya transportnykh ob'yektov [Methodological aspects of the design of transport facilities]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Irkutsk State Technical University], 7(90), 78–85. (In Russ., abstr. in Engl.).
8. Kapskiy, D.V. & Samoylovich, T.N. (2013). Issledovaniye vliyaniya svetofornogo ob'yekta na funktsionirovaniye OP MPT [Study of the influence of a traffic light object on the functioning of the OP MPT]. *Vestnik Belorussko-Rossiyskogo universiteta* [Bulletin of the Belarusian-Russian University], 2(39), 46–54. (In Russ., abstr. in Engl.).
9. Kapskiy, D.V. & Ryabchinskiy, A.I. (2012). Povysheniye bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na osnove kompleksnogo ucheta poter' [Improving road safety based on integrated loss accounting]. *Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Brest State Technical University], 5(77), 37–40. (In Russ., abstr. in Engl.).

Поступила 17.06.2022

**INFLUENCE OF TRAFFIC ORGANIZATION CONDITIONS  
ON THE OPERATION OF STOPPING POINTS  
ON THE MAIN NETWORK OF THE LARGEST SYMBIOTIC CITIES**

**LIU YUWEI, D. KAPSKY, S. SKIRKOVSKY**

*The article discusses the results of a study of the influence of the location of stopping points and traffic conditions on the operation of routeless passenger transport and its stopping points located on the main street and road network of symbiotic largest cities and the impact on the efficiency of its transport system. Specific patterns were identified in the presence of stopping points of route passenger transport on the stretch, in the area of intersections, formulas were proposed for determining the time of parking of route passenger vehicles at stopping points depending on the number of incoming and outgoing passengers, studies of their traffic intensity, the number of rebuildings from traffic intensity were carried out. route vehicles.*

**Keywords:** transport system, route passenger transport, stopping points, traffic conditions, traffic intensity, efficiency.