

<https://doi.org/10.21122/2227-1031-2021-20-6-506-513>

УДК 623.3

Оценка влияния объектов капитального строительства на прилегающую улично-дорожную сеть при организации дорожного движения посредством регулируемых пересечений

Канд. техн. наук, доц. А. В. Зедгенизов¹⁾, докт. техн. наук Д. В. Капский²⁾,
канд. техн. наук, доц. Р. Ю. Лагерев¹⁾

¹⁾Иркутский государственный технический университет (Иркутск, Российская Федерация),

²⁾Белорусский национальный технический университет (Минск, Республика Беларусь)

© Белорусский национальный технический университет, 2021

Belarusian National Technical University, 2021

Реферат. Рассмотрены проблемы оценки влияния центров массового тяготения на прилегающую улично-дорожную сеть в процессе их функционирования, расширения или перепрофилирования. Обоснован выбор критериев оценки организации дорожного движения, приведенных в отечественной и зарубежной литературе, в частности предлагается использовать коэффициент загрузки запрашиваемых пересечений и соответствующий ему уровень обслуживания движения (LOS). Представлены основные модели оценки пропускной способности регулируемых пересечений. Показан механизм формирования математической модели оценки коэффициента загрузки регулируемых пересечений. Разъяснены понятия пропускной способности группы полос, продолжительности потерянного времени в цикле, фазовых коэффициентов, потока насыщения и коэффициентов, учитывающих снижение идеального потока насыщения. Приведена математическая модель оценки транспортного спроса, позволяющая рассчитывать интенсивность транспортного потока как к рассматриваемому центру массового тяготения, так и от него на основе общего объема корреспонденций, доли посетителей на индивидуальном транспорте, среднего наполнения индивидуального транспорта, а также коэффициента суточной неравномерности по прибытию и отправлению посетителей на индивидуальном транспорте. Предложена интегрированная математическая модель коэффициента загрузки, включающая параметры оценки транспортного спроса к центрам массового тяготения и параметры, определяющие пропускную способность регулируемых пересечений. Уникальность интегрированной модели состоит в том, что в ней одновременно задействованы параметры, отражающие транспортный спрос и пропускную способность запрашиваемого пересечения. Приведены рекомендации по оценке уровня транспортного обслуживания потоков и коэффициента загрузки на основе данных значений транспортного спроса и пропускной способности прилегающей к центру массового тяготения улично-дорожной сети. Представленная методика оценки уровня обслуживания движения на основе пропускной способности регулируемых пересечений позволяет оценить степень влияния центров массового тяготения на прилегающую улично-дорожную сеть.

Ключевые слова: организация дорожного движения, улично-дорожная сеть, пропускная способность, регулируемые пересечения, уровень обслуживания движения, коэффициент загрузки

Для цитирования: Зедгенизов, А. В. Оценка влияния объектов капитального строительства на прилегающую улично-дорожную сеть при организации дорожного движения посредством регулируемых пересечений / А. В. Зедгенизов, Д. В. Капский, Р. Ю. Лагерев // *Наука и техника*. 2021. Т. 20, № 6. С. 506–513. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2021-20-6-506-513>

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

Estimation Impact of Capital Development Projects on Adjacent Street and Road Network in Organization of Traffic by Means of Signal Controlled Intersections

A. V. Zedgenizov¹, D. V. Kapskiy², R. Yu. Lagerev¹

¹Irkutsk State Technical University (Irkutsk, Russian Federation),

²Belarusian National Technical University (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The paper discusses problems of assessing the impact of mass attraction centers on the adjacent street and road network in the process of their functioning, expansion or conversion. The choice of criteria for assessing the organization of traffic flow, given in the Russian and foreign literature, has been substantiated, in particular, it is proposed to use v/c ratio for adjacent junction and corresponding level of traffic service (LOS). The main models for estimating capacity of signalized intersections are presented. The procedures of forming a mathematical model for estimating the load factor of signalized intersections is shown. The concepts of lane group capacity, total lost time per cycle, phase coefficients, saturation flow rate, and coefficients taking into account the decrease in the ideal saturation flow rate are explained. A mathematical model for estimating transport demand is presented, which allows to calculate the intensity of traffic flow to and from the center of mass attraction on the basis of the total traffic flow of correspondence, share of visitors in individual transport, average filling of individual transport, and coefficient of daily irregularity upon arrival and departure of visitors on an individual transport. An integrated mathematical model of load factor is proposed which includes parameters for estimating transport demand for centers of mass attraction and parameters that determine the signalized intersections capacity. The uniqueness of the integrated model is that it simultaneously involves parameters reflecting the demand and capacity of loading intersection. Recommendations are made on assessing the level of traffic service flows and the v/s ratio, based on the data of transport demand and capacity, adjacent to the centers of mass attraction of the road network. The presented method of estimating the LOS based on the capacity of the signalized intersections allows us to estimate the influence degree of mass attraction centers on the adjacent urban road network.

Keywords: organization of road traffic, street and road network, capacity, signalized intersections, level of service (LOS), load factor = volume to capacity ratio (v/c ratio)

For citation: Zedgenizov A. V., Kapskiy D. V., Lagerev R. Yu. (2021) Estimation Impact of Capital Development Projects on Adjacent Street and Road Network in Organization of Traffic by Means of Signal Controlled Intersections. *Science and Technique*. 20 (6), 506–513. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2021-20-6-506-513> (in Russian)

Введение

Вступивший в силу Федеральный закон от 29.12.2017 № 433-ФЗ «Об организации дорожного движения в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» подтверждает необходимость введения новых подходов, связанных с оценкой степени влияния объектов капитального строительства (ОКС) на прилегающую улично-дорожную сеть (УДС). Прежде всего, речь идет о необходимости разработки проектов организации движения (ПОД) при строительстве или реконструкции ОКС в отношении сети дорог и (или) их участков, обслуживающих ОКС; о необходимости расчета вместительности парковок общего пользования и разработки ПОД при организации въезда транспортного средства на парковки общего пользования и выезда с них. Учитывая положения ФЗ № 433, следует предусмотреть случаи, при которых условия обслуживания ОКС требуют наличия регулирования транспортных потоков, соответственно интегрированных математических моделей, позволяющих качественно оценивать уровень обслуживания движения с применением исходных данных, характеризующих транспортный спрос.

Уровень обслуживания движения – понятие, плотно закрепившееся в отечественных нормативных документах относительно недавно. И связано это в первую очередь с развитием автомобилизации, увеличением числа типов подвижного состава и с необходимостью организации дорожного движения при широком спектре факторов и дорожных условий. Рассматриваемое понятие является производной основных характеристик функционирования элементов УДС и прежде всего пересечений. К сожалению, в Республике Беларусь требования по разработке ПОД отсутствуют, хотя имеются требования по оценке качества дорожного движения и по уменьшению потерь [1, 2].

Оценка уровня обслуживания

Как известно, к общепринятым характеристикам уровня обслуживания относят: коэффициент (уровень) загрузки $z = N/P$ (N – интенсивность движения, авт./ч; P – фактическая (практическая) пропускная способность, авт./ч); коэффициент скорости движения $c = v_z/v_0$ (v_z – средняя скорость движения при рассматриваемом уровне обслуживания, км/ч; v_0 – скорость движения в свободных условиях при уровне обслуживания

ния A , км/ч); коэффициент загрузки $p = q_z/q_{\max}$ (q_z , q_{\max} – интенсивность движения и фактическая (практическая) пропускная способность соответственно, авт./ч) [3].

Для оценки уровня обслуживания движения на элементах УДС специалистам в области организации дорожного движения, организации безопасности движения, а также транспортным инженерам вполне достаточно упомянутых выше характеристик. Однако в случаях принятия решений на политическом, административном и уровнях бизнес-сообществ необходима более понятная интерпретация уровня обслуживания, сводящаяся к некоторой шкале с кратким описанием процесса движения (уровня обслуживания движения, LOS) [4, 5]. Этот подход позволит достаточно точно оценить от «отлично» до «неудовлетворительно» качественные характеристики уровня удобства при проезде через рассматриваемое пересечение.

Таким образом, задача оценки уровня обслуживания движения может сводиться к определению основных параметров дорожного движения, а для пересечений наиболее приемлемой характеристикой является коэффициент загрузки, определяющий долю использования пропускной способности группы движения. Если интенсивность движения индивидуально-транспортного (ИТ) в зоне центра массового тяготения (ЦМТ) при въезде на его территорию, а также при выезде с территории определяется транспортным спросом, то пропускная способность запрашиваемого ЦМТ пересечения должна оцениваться существующими методиками для конкретных видов пересечений – регулируемых и нерегулируемых.

Для оценки целесообразности применения светофорного регулирования на пересечении, запрашиваемом ЦМТ, следует пользоваться нормативной литературой [6], которая критерием принятия решения определяет критическое соотношение интенсивностей транспортных средств и пешеходов в конфликтующих направлениях. Методика оценки пропускной способности подробно изложена в [7]. Иные особенности применения светофорного регулирования, включая такой важный аспект, как безопасность дорожного движения, приведены в [8, 9].

Принимая во внимание все сопутствующие факторы, приведенные в методических рекомендациях по оценке пропускной способности автомобильных дорог, математический аппарат по

оценке пропускной способности регулируемых пересечений авторы предлагают представить в рассмотренной ниже последовательности.

• Пропускная способность группы полос, ед./ч:

$$P_{ij} = \frac{S_{ij}}{G_i C}, \quad (1)$$

где S_{ij} – поток насыщения группы полос j в течение фазы регулирования i , ед./ч; G_i – эффективная длительность фазы регулирования i , с; C – длительность цикла регулирования, с.

• Поток насыщения

$$S = S_o n f_w f_g f_p f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}, \quad (2)$$

где S_o – идеальный поток насыщения, прив. авт./ч; n – количество полос движения в составе группы; f_w, f_g, f_p – коэффициенты, учитывающие ширину полосы движения, продольные уклоны и помехи, создаваемые паркующимися транспортными средствами соответственно; f_{bb}, f_a – то же, учитывающие помехи, создаваемые автобусами, и тип территории; f_{LU}, f_{LT} – то же, учитывающие помехи, создаваемые поворачивающими налево транспортными средствами в составе группы; f_{RT} – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые поворачивающими направо транспортными средствами в составе группы; f_{Lpb}, f_{Rpb} – коэффициенты, учитывающие помехи, создаваемые пешеходами при повороте налево и направо соответственно.

• Длительность цикла регулирования

$$C = \frac{1,5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^n y}, \quad (3)$$

где L – продолжительность потерянного времени (цикл), характеризующая период времени, в который транспортные средства не осуществляют движение: это переходные интервалы между фазами, а при наличии выделенной пешеходной фазы – пешеходная фаза; y – фазовый коэффициент рассматриваемой группы полос.

• Фазовый коэффициент

$$y_i = \max \left(\frac{N_{ij}}{S_{ij}} \right). \quad (4)$$

• Эффективная длительность фазы регулирования

$$G = \frac{y \sum_{i=1}^n G}{\sum_{i=1}^n y}, \quad (5)$$

где $\sum_{i=1}^n G$ – сумма всех зеленых сигналов, характеризует эффективное время цикла регулирования, т. е. время, в течение которого осуществлялось движение транспортных средств:

$$\sum_{i=1}^n G = C - \sum y. \quad (6)$$

• Интенсивность транспортных потоков на въезд и выезд к (от) ЦМТ определяется транспортным спросом

$$N_{ИТ} = E_{ЦМТ} \frac{d_{ИТ}}{P_{ИТ}} k_{сн}, \quad (7)$$

где $E_{ЦМТ}$ – транспортный спрос к центру массового тяготения, кор./сут.; $d_{ИТ}$ – доля посетителей на ИТ в рассматриваемый час; $P_{ИТ}$ – среднее наполнение ИТ, чел.; $k_{сн}$ – коэффициент суточной неравномерности для рассматриваемого часа.

Транспортный спрос $E_{ЦМТ}$ предлагается оценить на основании его генерирующей способности, выраженной числом посетителей на единицу площади (чел./м²) [10–12], либо на основании имеющегося в наличии регрессионного уравнения, учитывающего дополнительные параметры, характеризующие формирование транспортного спроса к рассматриваемому объекту. Следует особо подчеркнуть, что такое уравнение должно изучаться только в рамках одного типа ЦМТ. Например, для жилых зон средней и высокой этажности, расположенных в административных

границах населенного пункта с численностью 250–1000 тыс. жителей, получено уравнение вида

$$E = 0,018S_{12,13} + 0,18l_c - 590, \quad (8)$$

где E – общее число корреспонденций, совершенных к объекту за рассматриваемый период (сутки), чел./сут.; $S_{12,13}$ – площадь ЦМТ соответствующего типа (жилье средней и высокой этажности), м²; l_c – удаленность объекта тяготения от центра города, м.

Диапазон оценки транспортного спроса по предлагаемому эмпирическому выражению применяется при удаленности от центра города от 3200 до 12000 м. Получены другие примеры оценки транспортного спроса (для офисов):

$$E = 152 + 0,1S_4, \quad (9)$$

где S_4 – площадь ЦМТ соответствующего типа (офисных зданий), м².

Следует отметить, что в данном случае фактор удаленности от центра города не влияет на формирование транспортного спроса к рассматриваемому типу ЦМТ. В случае необходимости оценки транспортного спроса к торгово-развлекательным центрам получена зависимость

$$E = 0,73S_{21}, \quad (10)$$

где S_{21} – площадь ЦМТ соответствующего типа (торгово-развлекательных центров), м².

Кроме того, необходимы данные о доле посетителей рассматриваемого ЦМТ, приходящейся на ИТ. В зависимости от типа ЦМТ, времени суток и дней недели значение доли посетителей на ИТ будет различным. Так, на рис. 1 представлены значения распределения долей посетителей на ИТ в зависимости от часов суток для объектов жилья.

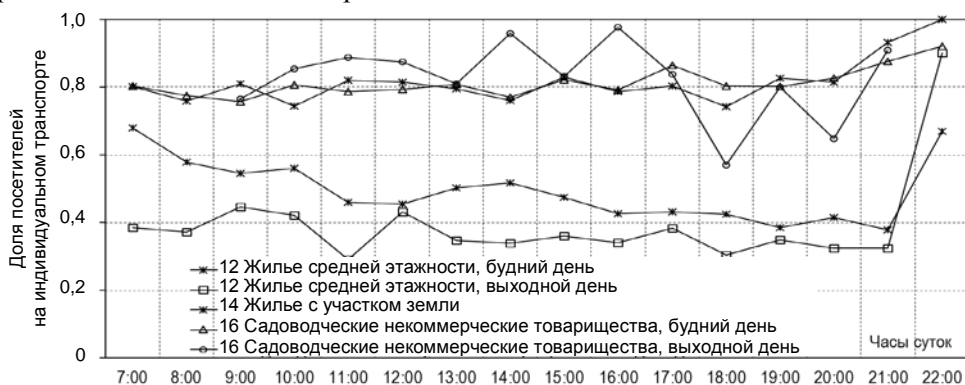


Рис. 1. Доля посетителей центра массового тяготения на индивидуальном транспорте

Fig 1. Share of mass attraction center visitors on individual transport

Как видно из рис. 1, среднее наполнение индивидуальных транспортных средств в течение дня практически не изменяется, однако для жилья с участком земли их значение существенно больше, чем для жилья, расположенного в границах селитебной территории.

Полученные средние значения наполнения ИТ позволяют перейти от количества посетителей (от корреспонденций) к интенсивности ИТ, формирующейся из посетителей рассматриваемого ЦМТ. В зависимости от часов суток, дней недели, а главное – от типа ЦМТ среднее наполнение существенно варьируется (рис. 2).

В ходе проведенных исследований установлено, что наибольшим наполнением обладают садоводческие некоммерческие товарищества (СНТ) (рис. 2) преимущественно в утренние и вечерние часы пик. Среднее значение для данной группы ЦМТ составило 1,53 чел./авт.

Следующим ключевым параметром при оценке интенсивности транспортного потока являются коэффициенты суточной неравномерности, позволяющие определить долю посетителей и соответственно долю ИТ, приходящуюся на рассматриваемый час суток, как правило, пиковый. Значения коэффициентов суточной неравномерности – безразмерная унифицированная величина, характеризующая долю загрузки ЦМТ по часам суток (рис. 3).

Как правило, большая часть ЦМТ имеет общепринятые коэффициенты суточной неравномерности, распределенные в соответствии с пиковыми нагрузками. Вместе с этим установлено, что детские сады и ясли имеют резкое смещение числа корреспонденций в утренний час до 40 % – так же, как проходные заводы, столовых и т. п.

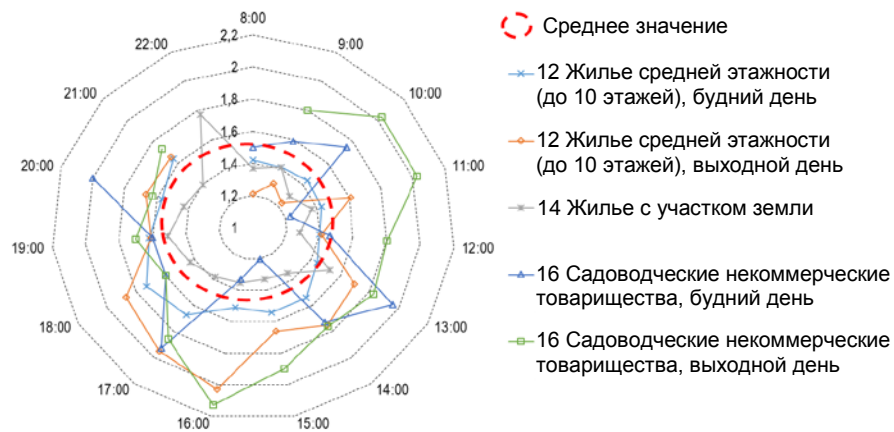


Рис. 2. Среднее наполнение индивидуальным транспортом центров массового тяготения
 Fig. 2. Average filling of the centers of gravitation by individual transport

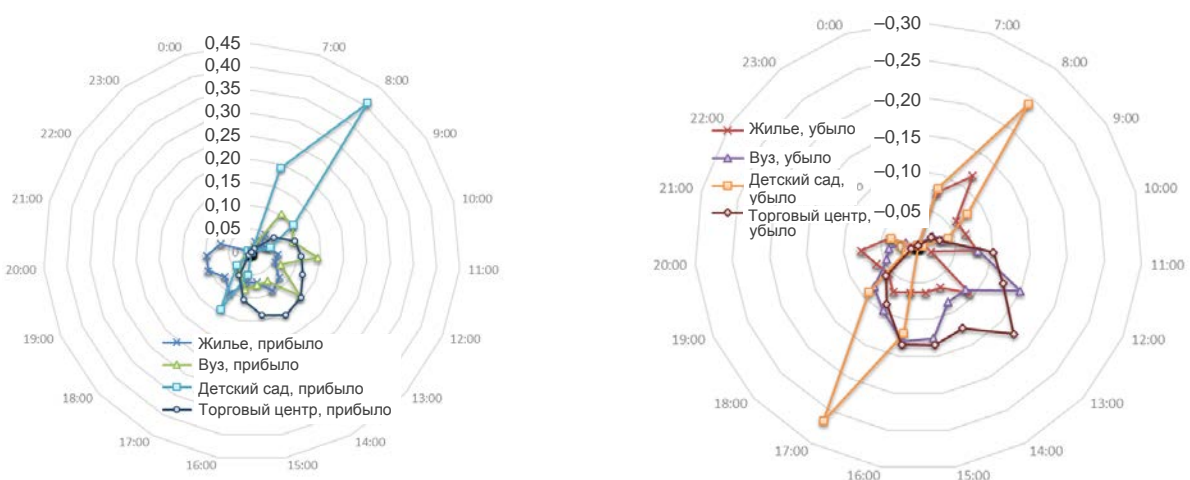


Рис. 3. Коэффициенты суточной неравномерности по центрам массового тяготения
 Fig. 3. Daily irregularity coefficients for mass attraction centers

Стандартный коэффициент суточного максимума лежит в пределах 0,12–0,15: к таким ЦМТ относят жилье, офисы, почтовые отделения, СНТ/ДТН и другие территории. Применение коэффициентов суточной неравномерности позволяет установить количественную связь между суточным значением загрузки ЦМТ и конкретным часом. Данная взаимосвязь крайне важна при проведении практических расчетов (прогнозирование интенсивности движения ИТ к ЦМТ и торгово-развлекательному району). В целом получено усредненное значение коэффициента суточного максимума по всем рассматриваемым ЦМТ, которое составило 0,168.

Таким образом, принимая во внимание упомянутые выше подходы к оценке пропускной способности группы движения на регулируемом пересечении, с учетом зависимостей (1)–(6) модель оценки уровня загрузки может иметь следующий вид:

$$z = \frac{E_{\text{ЦМТ}} \frac{d_{\text{ИТ}}}{P_{\text{ИТ}}} k_{\text{сн}}}{\left(S_o n f_w f_g f_p f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb} \right) \left(\frac{N_{ij}}{S_{ij}} \sum_{i=1}^n G_i \right)} \cdot \frac{1,5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{N_{ij}}{S_{ij}} \right)}$$

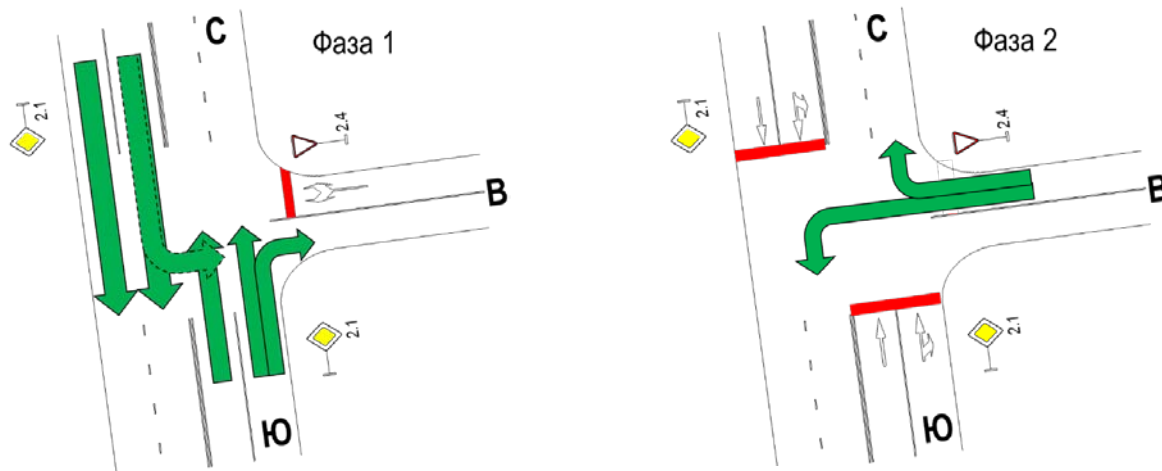


Рис. 4. План фаз запитывающего пересечения
Fig. 4. Phase plan of feeding intersection

В результате преобразований можем получить основной оценочный параметр

$$z = \frac{(1,5L + 5) \sum_{i=1}^n \left(\frac{N_{ij}}{S_{ij}} \right)}{\left(\frac{1,5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{N_{ij}}{S_{ij}} \right)} - L \right) \left(1 - \sum_{i=1}^n \left(\max \frac{N_{ij}}{S_{ij}} \right) \right)}. \quad (11)$$

В качестве апробации предлагаемой модели рассмотрим случай ввода светофорного регулирования на одном из типовых пересечений, запитывающих ЦМТ. Матрица значений интенсивностей транспортных потоков представлена в табл. 1.

Таблица 1

Матрица интенсивностей транспортных потоков на пересечении, ед./ч
Traffic intensity matrix at intersection, units/h

Отправление	Прибытие				Сумма
	С	Ю	З	В	
С	–	600	–	231	600
Ю	800	–	–	175	1206
З	–	–	–	–	–
В	117	60	–	–	177
Сумма	917	660	–	406	–

За основу принята методика расчета режима работы светофорной сигнализации, представленная в [7]. Следовательно, предварительно составим план фаз (рис. 4), на котором левоповоротный поток, поворачивая налево, конфликтует с основным направлением.

Тогда по формуле (8) имеем

$$z = \frac{(1,5 \cdot 6 + 5) \left(\sum_{i=1}^n \left(\frac{177}{1282} + \frac{1206}{2640} \right) \right)}{\left(\frac{1,5 \cdot 6 + 5}{1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{177}{1282} + \frac{1206}{2640} \right)} - 6 \right) \times} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{(1,5 \cdot 6 + 5) \left(\sum_{i=1}^n \left(\frac{177}{1282} + \frac{1206}{2640} \right) \right)}{\times \left(1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{177}{1282} + \frac{1206}{2640} \right) \right)} = \frac{1484}{2053} = 0,72.$$

Расчеты подтверждают, что коэффициент загрузки запрашивающего пересечения соответствует уровню обслуживания движения «D», что сопоставимо с высокой эмоциональной загрузкой водителей и низкой экономической эффективностью работы пересечения в целом.

Следует отметить, что предлагаемая модель (11) в зависимости от группы полос требует от проектировщика наличия общедоступной исходной информации, такой как геометрические параметры запрашивающего пересечения, число полос, продольные уклоны, ширина полос движения и т. п., схема организации дорожного движения (наличие разрешенных поворотов, остановочных пунктов, мест для уличного паркования и др.). При рассмотрении групп полос, запрашивающих ЦМТ, требуются значения площади рассматриваемого ЦМТ и его удаленности от центра города и (или) от магистральной улицы.

С учетом большого количества свободно расширяемых ГИС-программ такая информация вполне доступна и имеет достаточно высокую надежность. Данные, характеризующие доли посетителей, прибывающих на ИТ, среднее наполнение ИТ, и коэффициенты суточной неравномерности по прибытию и отправлению оцениваются путем натурных исследований с учетом рекомендаций, изложенных выше, а также с помощью научных публикаций [13–17].

ВЫВОДЫ

1. Представлена математическая модель оценки транспортного спроса, позволяющая оценивать интенсивность транспортного потока как к рассматриваемому центру массового тяготения, так и от него на основе общего объема

корреспонденций, доли посетителей на индивидуальном транспорте, среднего наполнения индивидуального транспорта, а также коэффициента суточной неравномерности по прибытию и отправлению посетителей на индивидуальном транспорте.

2. Предложена математическая модель коэффициента загрузки, включающая параметры оценки транспортного спроса к центру массового тяготения и параметры, определяющие пропускную способность регулируемых пересечений.

3. Представленная методика оценки уровня обслуживания движения на основе пропускной способности регулируемых пересечений позволяет оценить степень влияния центра массового тяготения на прилегающую улично-дорожную сеть с применением следующих ГИС-данных: площадь центра массового тяготения, его удаленность от центра города и (или) от магистральной улицы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-3.03-227–2010 (02250). Введ. 01.07.2011. Минск: Минстройархитектуры, 2011. 46 с.
2. Врубель, Ю. А. Определение потерь в дорожном движении / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский, Е. Н. Кот. Минск: БНТУ, 2006. 240 с.
3. Лагерев, Р. Ю. Методика оценки распределения транспортных потоков на пересечениях с использованием детекторов транспорта / Р. Ю. Лагерев, А. В. Зедгенизов // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов: сб. науч. тр., посвященный ежегодной Междунар. науч.-практ. конф., 24–28 окт. 2011 г. Минск: БНТУ, 2012. С. 215–224.
4. Лагерев, Р. Ю. Управление насыщенными регулируемы пересечениями. Городские транспортные системы: вектор развития науки проектирования / Р. Ю. Лагерев, А. В. Зедгенизов, А. Г. Левашев // Организация и безопасность движения в крупных городах. Инновации: ресурс и возможности: сб. докл. 10-й Междунар. конф. СПб.: СПбГАСУ, 2012. С. 148.
5. Ваксман, С. А. Принципы разработки и содержание КСОД столичного города (на примере Минска) / С. А. Ваксман, Ф. Г. Глик, Д. В. Капский // Наука – образованию, производству, экономике: матер. 7-й Междунар. науч.-техн. конф., в 3 т. Минск: БНТУ, 2009. Т. 2. С. 267–268.
6. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств: ГОСТ Р 52289–2004. Введ. 15.12.2004. М.: Стандартинформ, 2004. 112 с.
7. Отраслевой дорожный методический документ. Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог: ОДМ 218.2.020–2012. М., 2012. 148 с.

8. Zedgenizov, A. V. The Estimation of Correspondence Generation to the Residential District of City Center / A. V. Zedgenizov // *Nauka i Studia*. 2014. Vol. 126, No 16. P. 76–83.
 9. Zedgenizov, A. V. Methods for the Traffic Demand Assessment Based on the Quantitative Characteristics of Urban Areas Functioning / A. V. Zedgenizov, D. G. Burkov // *Transportation Research Procedia*. 2017. Vol. 20. P. 724–730. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.01.117>.
 10. Hooper, K. G. *Trip Generation Handbook*, 2nd ed. Washington: ITE, 2004.
 11. *Trip Generation*, 8th ed. Washington ITE, 2008.
 12. Zedgenizov, A. Location-Based Transport Demand Forecasting Methods for Suburbanized Areas / A. Zedgenizov // *Proceedings of the International Conference: Aviamechanical Engineering and Transport (Avent 2018)*. 2018. Vol. 158. P. 458–461. <https://doi.org/10.2991/avent-18.2018.88>.
 13. Плотников, А. М. Разработка схем организации движения транспортных и пешеходных потоков на регулируемых перекрестках / А. М. Плотников. СПб.: Нестор-История, 2010. 109 с.
 14. *Highway Capacity Manual 2010* / Transportation Research Board, National Research Council. Washington, 2010. 1134 p.
 15. Об утверждении Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 14 июня 2006 г. № 757 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. 2006. № 5/22459.
 16. Капский, Д. В. Проведение исследований интенсивности движения транспортных потоков: теория и эксперимент / Д. В. Капский, Д. В. Рожанский, Д. В. Мозалевский // *Безпека дорожнього руху України*. 2006. Т. 23, № 3–4. С. 35–40.
 17. Капский, Д. В. *Методология повышения качества дорожного движения* / Д. В. Капский. Минск: БНТУ, 2018. 372 с.
- Поступила 17.05.2019
Подписана в печать 20.08.2019
Опубликована онлайн 30.11.2021
- REFERENCES
1. ТКР [Technical Code of Common Practice] 45-3.03-227–2010 (02250). *Streets of Settlements. Building Design Codes*. Minsk, Publishing House of Ministry of Architecture and Construction, 2011. 46 (in Russian).
 2. Vrubel Yu. A., Kapsky D. V., Kot E. N. (2006) *Determination of Traffic Losses*. Minsk, Belarusian National Technical University. 240 (in Russian).
 3. Lagerev R. Yu., Zedgenizov A. V. (2012) Methodology for Assessing Distribution of Traffic Flows at Intersections Using Traffic Detectors. *Sovershenstvovanie Organizatsii Dorozhnogo Dvizheniya i Perevozok Passazhirov i Gruzov: Sb. Nauch. Tr., Posvyashchennyi Ezhegodnoi Mezhdunar. Nauch.-Prakt. Konf., 24–28 Okt. 2011 g.* [Improvement of Organization of Road Traffic and Transportation of Passengers and Goods: Collection of Scientific Papers Dedicated to the Annual International Scientific and Practical Conference, Oct. 24–28, 2011]. Minsk, Belarusian National Technical University, 215–224 (in Russian).
 4. Lagerev R. Yu., Zedgenizov A. V., Levashev A. G. (2012) Saturated Adjustable Intersections Control. Urban Transport Systems: Vector of Design Science Development. *Organizatsiya i Bezopasnost' Dvizheniya v Krupnykh Gorodakh. Innovatsii: Resurs i Vozmozhnosti: Sb. Dokl. 10-i Mezhdunar. Konf.* [Organization and Traffic Safety in Large Cities. Innovations: Resource and Capabilities: Collection of Papers of the 10th International Conference]. Saint-Petersburg, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering [SPbGASU], 148 (in Russian).
 5. Vaksman S. A., Glik F. G., Kapsky D. V. (2009) Design Principles and Content of KSOD [Complex Scheme of Traffic Organization] for Capital City (on the Example of Minsk). *Nauka – Obrazovaniyu, Proizvodstvu, Ekonomike: Mater. 7-i Mezhdunar. Nauch.-Tekhn. Konf. T. 2* [Science for Education, Production, Economy: Proceedings of the 7th International Scientific and Technical Conference. Vol. 2]. Minsk, Belarusian National Technical University, 267–268 (in Russian).
 6. State Standard P 52289–2004. *Technical Means of Organizing Road Traffic. Rules for the Use of Road Signs, Markings, Traffic Lights, Road Barriers and Guiding Devices*. Moscow, Standartinform Publ., 2004. 112 (in Russian).
 7. ODM [Road Industrial Methodical Document] 218.2.020–2012. Road Industrial Methodical Document. Methodological Recommendations for Assessing the Throughput of Highways. Moscow, 2012. 148 (in Russian).
 8. Zedgenizov A. V. (2014) The Estimation of Correspondence Generation to the Residential District of City Center. *Nauka i Studia*, 126 (16), 76–83.
 9. Zedgenizov A. V., Burkov D. G. (2017) Methods for the Traffic Demand Assessment Based on the Quantitative Characteristics of Urban Areas Functioning. *Transportation Research Procedia*, 20, 724–730. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.01.117>.
 10. Hooper K. G. (2004) *Trip Generation Handbook*. 2nd ed. Washington, DC Institute of Transportation Engineers.
 11. DC Institute of Transportation Engineers (2008) *Trip Generation*, 8th ed. Washington.
 12. Zedgenizov A. (2018) Location-Based Transport Demand Forecasting Methods for Suburbanized Areas. *Proceedings of the International Conference: Aviamechanical Engineering and Transport (Avent 2018)*, 158, 458–461. <https://doi.org/10.2991/avent-18.2018.88>.
 13. Plotnikov A. M. (2010) *Development of Schemes for Organizing the Movement of Transport and Pedestrian Flows on the Regulated Intersections*. Saint-Petersburg, Nestor-Istoriya Publ. 109 (in Russian).
 14. Transportation Research Board, National Research Council (2010) *Highway Capacity Manual 2010*. Washington, D. C. 1134.
 15. On the Approval of the Concept for Ensuring Safety Road Traffic in the Republic of Belarus: Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus Dated June 14, 2006 No 757. *Natsional'nyi Reestr Pravovykh Aktov Resp. Belarus'* [National Register of Legal Acts of the Republic of Belarus]. 2006, 5/22459 (in Russian).
 16. Kapsky D. V., Rozhansky D. V., Mozalovsky D. V. (2006) Carrying Out Research on Intensity of Traffic Flows: Theory and Experiment. *Bezpeka Dorozhniogo Rukhu Ukraini* [Road Safety of Ukraine], 23 (3–4), 35–40 (in Russian).
 17. Kapsky D. V. (2018) *Methodology for Improving the Quality of Road Traffic*. Minsk, Belarusian National Technical University. 372 (in Russian).

Received: 17.05.2019

Accepted: 20.08.2019

Published online: 30.11.2021