

УДК 539.218:625.855.3:625.76

*АЛЕКСИКОВ СЕРГЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ, докт. техн. наук, профессор,  
al34rus@mail.ru*

*БОЛДИН АЛЕКСАНДР ИГОРЕВИЧ, аспирант,  
skip-1313@mail.ru*

*БУВАДЖИНОВ МЕРГЕН ЭДУАРДОВИЧ, студент,  
al34rus@mail.ru*

*ЖАББУР ВАСИИМ, студент,  
wasim\_jabor1985@hotmail.com*

*Институт архитектуры и строительства  
Волгоградского государственного технического университета,  
400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1*

## **КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД АВТОМОБИЛЬНЫХ ПАРКОВОК**

Обоснованы основные требования к проектированию дорожных одежд на автомобильных парковках. Изложены требования к уклонам и мощению поверхности парковки. Исследовано влияние несущей способности грунтового основания на конструкцию дорожной одежды. Сделан вывод, что под дорожной одеждой предпочтительно использование суглинистых грунтов, которые легко уплотняются и характеризуются более высокими сдвиговыми свойствами. Использование геотекстиля в качестве дренажной прослойки повышает прочность грунтового основания, позволяет снизить толщину дорожной конструкции. Предложены рациональные конструкция дорожной одежды на автомобильных парковках.

**Ключевые слова:** дорожная одежда; парковка; дорожное основание; грунт; асфальтобетон; мощение, городская дорога.

*SERGEY V. ALEKSIKOV, DSc, Professor,  
al34rus@mail.ru*

*ALEKSANDR I. BOLDIN, Research Assistant,  
skip-1313@mail.ru*

*MERGEN E. BUVADZHINOV, Student,  
al34rus@mail.ru*

*VASIIM ZHABBUR, Student,  
wasim\_jabor1985@hotmail.com*

*Volgograd State Technical University,  
28, Lenin Ave., 400005, Russia, Volgograd*

## **PARKING PAVEMENT DESIGN**

The paper describes the main requirements for the parking pavement design. Also, the requirements for slopes and pavement surface of parking are given. The influence of the bearing capacity of foundation soil on the pavement design is presented in the paper. It is shown that under road pavement the loam soils are preferable to use since they are easily compacted and characterized by higher shear properties. The use of geotextiles as a drainage layer increases the strength of the foundation soil, and reduces the pavement thickness. The rational pavement design is proposed for parking.

**Keywords:** road pavement; parking; foundation soil; asphalt concrete; paving; urban road.

Среди проблем, порожденных высоким уровнем автомобилизации городского населения, задача обеспечения парковок автомобилей в крупных городах со сложившейся застройкой является актуальной. Мировой опыт показывает, что частично решить эту проблему можно за счет использования свободной ширины проезжей части, тротуаров улиц и придорожной полосы [1–7].

При устройстве парковок важно обеспечить достаточную прочность парковочной площадки без чрезмерных строительных затрат. Практика показывает, что прибордюрные парковки следует устраивать с поперечными уклонами в сторону дороги (табл. 1).

Таблица 1

**Поперечные уклоны покрытия автомобильных парковок [11]**

№ п/п	Вид дорожного покрытия	Поперечный уклон, %	
		вдоль машино-места	поперек машино-места
1	Асфальтобетонные и цементобетонные	25	40
2	Сборные из мелкогабаритных бетонных и железобетонных плит, брусчатые мостовые	30	40
3	Щебеночные и гравийные	30	40
4	Булыжные	35	40

В покрытии парковки, как правило, используется асфальтобетон или мощение искусственным (природным) камнем. Проезжую часть дороги от площадки целесообразно отделить бордюром. Высота бордюра должна обеспечить беспрепятственный проезд колеса расчетного автомобиля. Исследования [2] показали, что в качестве расчетного следует принимать автомобиль малого класса с шиной 145/70 R13, который выполнит беспрепятственный проезд бордюрного камня высотой 5 см при скорости до 5 км/ч. Допускается укладка бордюра высотой до 10 см со скошенным краем.

Дорожная одежда должна обеспечить прочность конструкции на статическую осевую нагрузку до 6 т. В асфальтобетонном покрытии парковки целесообразно использовать материал, аналогичный покрытию проезжей части дороги. При наличии ливневой канализации обеспечение водоотвода из основания конструкции возможно с применением геотекстиля с продольным коэффициентом фильтрации не менее 25 м/сут. В случае отсутствия городской системы водоотвода толщина песчаного дренажного слоя рассчитывается по схеме «поглощения».

Исследовалось влияние физико-механических свойств каменных материалов и подстилающих грунтов на конструкцию дорожной одежды. Покрытие было представлено асфальтобетоном плотным горячим на битуме БНД марки 60/90 (тип Б, марка II) толщиной 5 см. В основании дорожной одежды рассмотрен щебень осадочных и изверженных пород рядовой, фракционированный 40–80 мм без расклинки, с расклинкой асфальтобетоном или мелким щебнем, отсева дробления каменного материала 0–20 мм Фроловского карьер-

ра, щебеночные смеси С3 80 мм и С6 20 мм. В качестве дренирующего слоя рассматривался песок средней крупности и геотекстиль «АГМ-Композит» производства ОАО «ВАТИ» (г. Волжский). Грунт под дорожной конструкцией представлен крупными и мелкими песками с примесью пылеглинистой фракции до 20 %, супесью легкой, суглинками легким и тяжелым, глиной.

Расчеты показали, что при устройстве дорожной одежды с песчаным подстилающим слоем толщина конструкции определяется сдвиговой прочностью песка. Запас сдвиговой прочности в песчаном слое изменяется от 0 до 6 %, в грунтовом основании – от 34 до 79 % (табл. 2). Таким образом, можно сделать заключение, что в дорожных конструкциях использование песчаного подстилающего слоя нецелесообразно.

Таблица 2

**Конструкции дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием**

Наименование слоя	$H$ , см	$E_{упр}$ , МПа	Запас сдвиговой прочности, %
Асфальтобетон плотный горячий на битуме БНД марки 60/90 (тип Б, марка II)	5	3200	
Основание конструкции (рядовой и фракционированный щебень, отсева дробления щебня 0–20 мм, щебеночные смеси С3 и С6)	22–25	220–500	
Подстилающий слой из песка средней крупности	10	120	0-6
Грунтовое основание		58–86	34–79

При замене песчаного слоя на геотекстиль «АГМ-Композит» толщина основания из щебня определяется сдвиговой прочностью грунтового основания. Модуль упругости каменного материала ( $E_{щ}$ ) практически не влияет на проектную толщину конструкции (рис. 1). Зависимость толщины несущего слоя из щебня ( $H_{щ}$ ) от модуля упругости щебня ( $E_{щ}$ ) и грунтового основания ( $E_{гр}$ ), угла внутреннего трения ( $\varphi$ ) и удельного сцепления ( $c$ ) в грунте имеет вид

$$H_{щ} = \frac{85638}{E_{щ}^{0,0006} E_{гр}^{1,246} \varphi^{1,599} c^{0,553}} \cdot \quad (1)$$

Коэффициент множественной корреляции равен 0,80, стандартная ошибка – 0,22.

Анализ регрессионной зависимости (1) показывает, что толщина несущего слоя конструкции в основном зависит от физико-механических характеристик грунтового основания.

Расчеты показали, что замена песка на геотекстиль «АГМ-Композит» позволяет снизить толщину дорожной одежды на 20–45 % за счет исключения песчаного слоя и уменьшения толщины щебеночного основания (табл. 3).

В последнее время в практике строительства парковок все большее применение находят покрытия из плит/камней, выполненных методами ручного или механизированного мощения [3, 4]. Указанные покрытия являются достаточно прочными и «ремонтпригодными». При появлении просадок или

разрушения локальных участков покрытия они легко восстанавливаются с минимальными материальными трудозатратами.

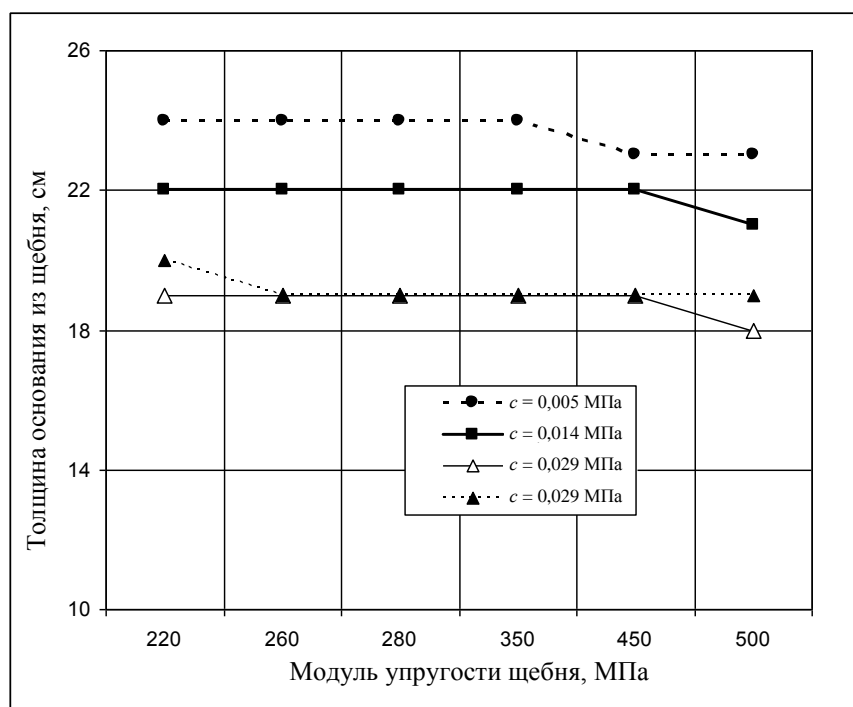


Рис. 1. Влияние модуля упругости щебня на толщину основания в зависимости от удельного сцепления в грунте ( $c = 0,005-0,029$  МПа)

Таблица 3

### Конструкция дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием

Наименование слоя	Модуль упругости, МПа	Толщина основания в зависимости от грунтового основания $H_{расч.}$ , см		
		Песок мелкий	Песок мелкий с примесью пылеглинистой фракции до 20 %	Пески пылеватые, супеси, суглинки
Асфальтобетон плотный горячий на битуме БНД марки 60/90 (тип Б, марка II)	3200	5	5	5
Основание из рядового или фракционированного щебня, отсеков дробления щебня 0–20 мм, щебеночных смесей С3 и С6 на геотекстиле «АГМ-Композит»	220–500	24–25	19–20	15–17

При проектировании конструкций с покрытием из плит/каменной мощения следует учитывать, что водоотводящая способность поверхности на 20 % ниже, чем асфальтобетонных. В связи с этим уклон к лоткам или другим водоотводящим устройствам должен быть не менее 25 %. Для повышения несущей способности каменного покрытия укладку камней мощения эффективно производить под углом 45–90° к оси стоянки автотранспорта на парковке (рис. 2). При этом в контакте с колесом автомобиля находится большое количество камней мощения. Нагрузка распределяется на более широкую площадь, вероятность образования просадки снижается.

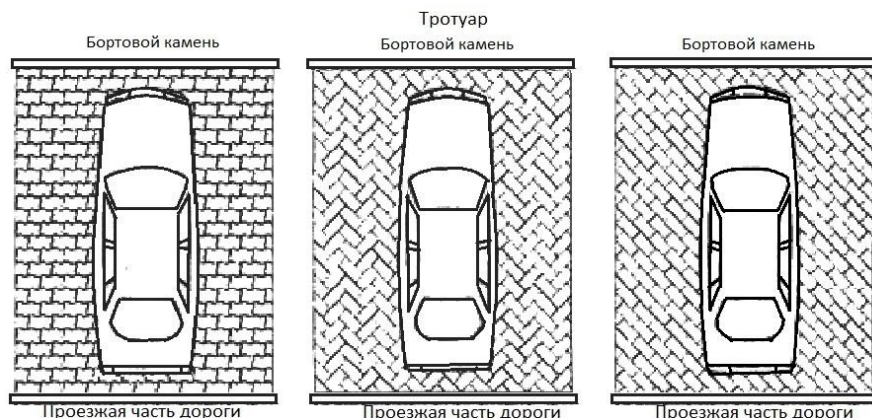


Рис. 2. Рекомендуемая схема мощения камня на парковках

Исследования прочности конструкций с мощеным покрытием на основаниях из щебня 40–80 мм различной прочности или отсевов дробления камня 0–20 мм показали, что толщина основания практически не зависит от модуля упругости щебня, определяется углом внутреннего трения ( $\varphi$ ) и удельным сцеплением ( $c$ ) грунта:

$$H_{\text{щ}} = \frac{7,277}{E_{\text{гр}}^{0,123} \varphi^{1,318} c^{1,113}} \cdot \quad (2)$$

Коэффициент множественной корреляции равен 0,81, стандартная ошибка 0,56.

Использовать нетканое синтетическое полотно (НСМ) под основанием эффективно в качестве дренажного слоя при дефиците местных качественных песков. Расчеты показали, что при минимально допустимой толщине основания 15 см, независимо от модуля упругости щебня, запас сдвиговой прочности подстилающих глинистых грунтов значительный, составляет 44–54 % (табл. 4). При устройстве дорожной одежды на подстилающих песчаных грунтах толщина основания изменяется от 15 до 18 см и определяется сдвиговой прочностью песка.

Использование отсевов дробления щебня 0–20 мм экономически выгодно по причине их незначительной стоимости. Толщина основания из отсевов на песчаных или супесчаном грунтах изменяется от 5 до 23 см (табл. 5). При этом

снижение толщины основания до 5–7 см наблюдается с повышением сдвиговой прочности подстилающего грунта (песок пылеватый, супесь легкая).

Таблица 4

**Конструкции дорожной одежды с геотекстилем типа «АГМ-Композит»\***

Наименование конструктивного слоя дорожной одежды		Модуль упругости, МПа	Толщина, см	Грунт основания	Запас прочности в грунте, %
Мошеное покрытие из бетонной плитки толщиной 8 см		1770	8		
Монтажный слой из песка или пескоцементной смеси			3–5		
Материалы основания	Щебень 40–80 мм, щебеночная смесь непрерывной гранулометрии С7 – 20 мм, отсеvy дробления камня 0–20 мм	220–450	15	Супесь, суглинок, глина	44–54
	Щебень 40–80 мм	350	15	Песок мелкий	5
	Щебеночная смесь непрерывной гранулометрии С7 – 20 мм	260	17		3
	Отсевы дробления камня 0–20 мм Фроловского месторождения Волгоградской области	220	18		4

\* Прослойка из геотекстиля типа «АГМ-Композит» устраивается на границе щебеночного основания и подстилающего грунта.

Таблица 5

**Толщина основания из отсеvов дробления щебня 0–20 мм**

Наименование подстилающего грунта	H, см
Песок крупный, средний или мелкий без примеси пылеватых и глинистых частиц	20–23
Песок крупный, средний или мелкий с примесью пылеватых и глинистых частиц до 5 %	18
Песок мелкий с примесью пылеватых и глинистых частиц до 8 %	16
Песок пылеватый с примесью пылеватых и глинистых частиц более 20 %, супесь легкая	5–7

При повышенном увлажнении глинистых грунтов дорожные конструкции целесообразно устраивать на песчаном подстилающем слое. В этом случае толщина основания из каменного материала определяется сдвиговой прочностью песчаного подстилающего слоя (табл. 6). Запас сдвиговой прочности в песчаном слое составляет 1–6 %, в подстилающем грунте – 53–75 %.

Таблица 6

## Конструкции с подстилающим песчаным слоем

Наименование конструктивного слоя дорожной одежды		Модуль упругости, МПа	Грунт основания	Толщина слоя, см
Мощное покрытие из бетонной плитки толщиной 8 см		1770		8
Монтажный слой из песка или пескоцементной смеси				3–5
Материал основания	Щебень 40–80 мм, щебеночная смесь непрерывной granulометрии С7 – 20 мм, отсева дробления щебня 0–20 мм Фроловского месторождения Волгоградской области	220–450	Супесь легкая	15–16
			Супесь тяжелая, суглинок легкий	17–18
			Суглинок тяжелый, глина	17–19
Подстилающий слой из мелкого однородного песка		120		10

Сопряжение автомобильной парковки с тротуаром следует выполнять с применением бордюрного камня высотой 15 см, с проезжей частью дороги – бордюром высотой 5–10 см (рис. 3).

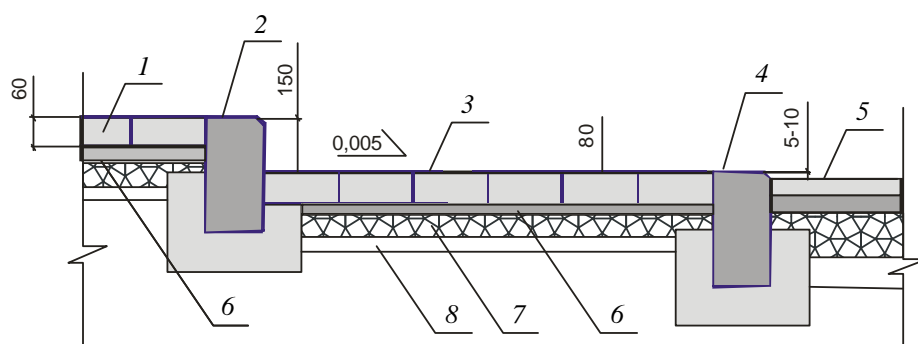


Рис. 3. Парковка с мощным покрытием из искусственного камня:

1 – покрытие тротуара из плит/камней мощения толщиной 60 мм; 2 – бортовой камень; 3 – покрытие автостоянки из плит/камней толщиной 80 мм; 4 – бортовой камень; 5 – асфальтобетонное покрытие проезжей части дороги; 6 – монтажный слой из пескоцементной смеси; 7 – основание из щебня; 8 – дренажный слой из песка

Архитектурно и экологически привлекательными являются парковочные конструкции с бетонной или пластиковой газонной решеткой или из сборных элементов ТТФ с площадью озеленения до 90 % [9, 10] (рис. 4–6). Конструкции решёток позволяют комбинировать заполнение ячеек: брусчаткой, растительным грунтом, гравием, мраморной крошкой или другим наполнителем. При появлении локальных просадок или разрушения решетки покрытие легко ремонтируется без разборки прилегающих участков. Так как нагрузка от легкового автомобиля не превышает 3,5 т, устройство капиталь-

ного щебеночного основания под решеткой не требуется. Хорошее водоотведение и сохранение верхнего слоя почвы обеспечивают полную инфильтрацию осадков в грунтовое основание под решетку без снижения прочности конструкции при уклоне поверхности парковки до 20 %.

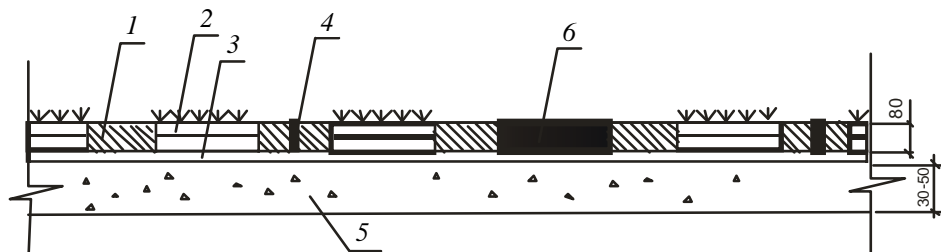


Рис. 4. Конструкция экопарковки с газонной решеткой:

1 – газонная решетка; 2 – растительный грунт; 3 – монтажный (выравнивающий) слой из песка или смеси песка с растительным грунтом; 4 – шов; 5 – основание из песчано-гравийной смеси или щебня; 6 – вставка для разметки стояночных мест

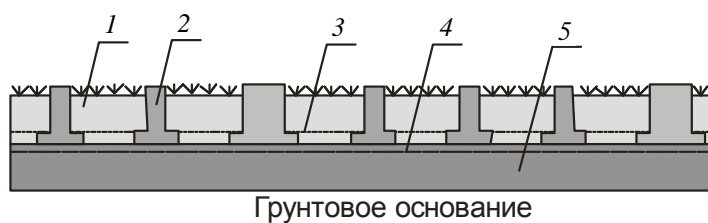


Рис. 5. Конструкция экопарковки из сборных элементов ТТФ:

1 – наполнитель (растительный грунт/брусчатка); 2–3 – сборные элементы ТТФ высотой 6 см; 4 – мелкоячеистая синтетическая сетка; 5 – основание из смеси мелкого щебня (2–5 мм) и почвы толщиной 5 см



Рис. 6. Экопарковка из элементов ТТФ (Австрия) [9]



Выполненные исследования позволяют сделать вывод, что при проектировании дорожных одежд прибордюрных парковок прочность каменного материала незначительно влияет на толщину дорожного основания. Замена песчаного подстилающего слоя на геотекстиль способствует повышению прочности дорожной одежды и снижению ее толщины. Строительство основания из щебня минимальной конструктивной толщиной 15 см, как правило, обеспечивает прочность конструкций автомобильных парковок на статическую нагрузку до 6 т. При строительстве парковок в зеленой зоне предпочтение следует отдавать экопарковкам.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексиков, С.В. Обоснование расчетной плотности парковки автомобилей на автомагистралях Волгограда / С.В. Алексиков, А.И. Болдин // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Строительство и архитектура. – 2016. – Вып. 43 (62). – С. 244–252.
2. Алексиков, С.В. Проектирование автомобильных парковок на автомагистралях Волгограда / С.В. Алексиков, А.И. Болдин // Вестн. Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Строительство и архитектура. – 2016. – Вып. 43 (62). – С. 253–260.
3. Алексиков, С.В. Конструкции дорожных одежд прибордюрных парковок / С.В. Алексиков, А.И. Болдин // Транспортные сооружения : интернет-журнал. – 2016. – Т. 3. – № 3. – Условия доступа : <http://t-s.today/PDF/01TS316.pdf>
4. Лобанов, Е.М. Транспортная планировка городов / Е.М. Лобанов. – М. : Транспорт, 1990. – 240 с.
5. Рэнкин, В.У. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения : [пер. с англ.] / В.У. Рэнкин. – М. : Транспорт, 1981. – 592 с.
6. Иносэ, Х. Управление дорожным движением : [пер. с англ.] / Х. Иносэ, Т. Хамада. – М. : Транспорт, 1983. – 248 с.
7. Benenson, I. Entity-based modeling of urban residential dynamics: the case of Yaffo, Tel-Aviv / I. Benenson, I. Omer, E. Hatna // Environment and Planning B: Planning and Design. – 2002. – V. 29. – P. 491–512.
8. Bandman, O. Computation properties of spatial dynamics simulation by probabilistic cellular automata / O. Bandman // Future Generation Computer Systems. – 2005. – V. 21. – P. 633–664.
9. Экопарковки. Справочник по проектированию. – Условия доступа : [www.ecoparkovka.ru](http://www.ecoparkovka.ru)
10. Пособие по размещению автостоянок, гаражей и предприятий технического обслуживания легковых автомобилей в городах и других населенных пунктах. – М. : Стройиздат, 1984. – Условия доступа : [http://www.znaytovar.ru/gost/2/Posobie\\_k\\_SNiP\\_II6075\\_Posobie.html](http://www.znaytovar.ru/gost/2/Posobie_k_SNiP_II6075_Posobie.html)

## REFERENCES

1. Aleksikov S.V., Boldin A.I. Obosnovanie raschetnoi plotnosti parkovki avtomobilei na avtomagistralyakh Volgograda [Justification of estimated density for parking in Volgograd]. *Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture*. 2016. No. 43. Pp. 244–252. (rus)
2. Aleksikov S.V., Boldin A.I. Proektirovanie avtomobil'nykh parkovok na avtomagistralyakh Volgograda [Parking design in Volgograd]. *Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture*. 2016. No. 43. Pp. 253–260 (rus)
3. Aleksikov S.V., Boldin A.I. Konstruktsii dorozhnykh odezhd pribordyurnykh parkovok [Pavement design for curb parking]. *Transportnye sooruzheniya* [Russian journal of transport engineering]. 2016. V. 3. No. 3. Available at: <http://t-s.today/PDF/01TS316.pdf> (rus).
4. Lobanov E.M. Transportnaya planirovka gorodov [Transport planning of cities]. Moscow: Transport Publ., 1990. 240 p. (rus).

5. Rankine V.U. Avtomobil'nye perezovzki i organizatsiya dorozhnogo dvizheniya [Automobile transportations and traffic management]. Moscow: Transport Publ., 1981. 592 p. (Transl. from Engl.)
6. Inosje H., Hamada T. Upravlenie dorozhnym dvizheniem [Traffic flow management]. Moscow: Transport Publ., 1983. 248 p. (Transl. from Engl.)
7. Benenson I., Omer I., Hatna E. Entity-based modeling of urban residential dynamics: the case of Yaffo, Tel-Aviv. *Environment and Planning B: Planning and Design*. 2002. V. 29. Pp. 491–512.
8. Bandman O. Computation properties of spatial dynamics simulation by probabilistic cellular automata. *Future Generation Computer Systems*. 2005. V. 21. Pp. 633–664.
9. *Ekoparkovki*. Spravochnik po proektirovaniyu [Ecoparking. Reference book on design]. Available at: [www.ecoparkovka.ru](http://www.ecoparkovka.ru) (rus)
10. *Posobie po razmeshcheniyu avtostoyanok, garazhei i predpriyatii tekhnicheskogo obsluzhivaniya legkovykh avtomobilei v gorodakh i drugikh naseleennykh punktakh* [Manual for location of parking, garages and maintenance enterprises for motorcars in cities and other settlements]. Moscow: Stroyizdat Publ., 1984. Available at: [www.znaytovar.ru/gost/2/Posobie\\_k\\_SNiP\\_II6075\\_Posobie.html/](http://www.znaytovar.ru/gost/2/Posobie_k_SNiP_II6075_Posobie.html/) (rus)