

УДК 625.712.63

С. Г. Артёмова, А. В. Макаров, Н. С. Скабелин, О. В. Проценко

Волгоградский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ЗАГРУЗОК АВТОСТОЯНКИ, РАСПОЛОЖЕННОЙ ВБЛИЗИ ЖИЛОЙ ТЕРРИТОРИИ

Современное градостроительство сталкивается с растущей потребностью в оптимизации использования пространства, и парковочные зоны занимают в этом процессе важное место. Исследование взаимосвязей между различными элементами городской инфраструктуры позволяет не только улучшить доступность парковок, но и повысить качество жизни жителей. Анализ существующих парковочных решений на прилегающих территориях также является ключевым этапом в разработке новых проектных решений.

Ключевые слова: внутривортовая территория, загрузка автостоянок, зона влияния автостоянки, математический анализ, корреляционная связь.

При проектировании новых объектов строительства улично-дорожной сети (УДС) и жилого комплекса необходимо задумываться о возрастающем с каждым годом количестве личных автомобилей, для которых нужны парковочные места [1, 2]. В связи с этим проводится анализ уже существующих стоянок личного транспорта на внутривортовых зонах и территориях общего пользования (рис. 1) [3—5]. Уровень загрузки в этих местах зависит от множества факторов, в т. ч. и случайных [6].



Рис. 1. Правильная организация парковочных зон

Такой анализ возможно проводить только при наблюдении за большим объемом автомобилей, выявляя закономерности, основанные на изучении особенностей поведения, распределения и других показателей. Такая взаимосвязь называется стохастической или статистической (рис. 2) [7].

В рабочее время центры притяжения могут также оказывать большое влияние на загруженность дорог, проездов, близлежащих автостоянок и внутривортовой территории (рис. 3).



Рис. 2. Загруженность внутривортовых территорий



Рис. 3. Загруженность парковочных зон в крупных городах в рабочее время

Взаимосвязанное изменение двух показателей, отражающее тот факт, что изменчивость одного признака находится в соответствии с изменчивостью другого, называют корреляционной связью [8, 9]. При рассмотрении больших величин, например таких, как большая численность автомобилей, берут за искомое значение среднее число. Для вычисления данных связей значения разделяют на результирующий показатель y и признак-фактор x . Такая связь называется парной [10].

Также необходимо рассмотреть характеристики изменений парных связей, т. к. они могут быть как прямые (смещающиеся в одном направлении положительном или отрицательном), так и обратные.

При этом учитывают факторы, связанные с формированием перечня задач, решение которых необходимо при их исследовании. Таковыми являются:

- выполнение корреляционного анализа с использованием показателей плотности связей, возникающих между определенным количеством признаков;
- реализация регрессионного анализа с целью определения зависимости, для которой среднее значение y (результативного признака) рассматривается как функция одной или нескольких переменных — факторных признаков.

Коэффициенты, используемые для определения показателей плотности связи:

- ранговый корреляционный;
- конкордации;
- Фехнера;
- эмпирическое и теоретическое корреляционное отношение;
- линейный коэффициент корреляции.

Линейный коэффициент корреляции, обозначаемый как r , является одним из наиболее распространенных инструментов для измерения степени линейной зависимости между двумя количественными переменными, обозначаемыми как x и y .

В случае с расчетом коэффициента корреляции отклонения одной переменной не будут систематически соотноситься с отклонениями другой переменной. Однако если наблюдается значительное количество совпадений или несовпадений в этих отклонениях, это может свидетельствовать о наличии некоторой связи между x и y .

Кроме того, при интерпретации коэффициента корреляции важно учитывать контекст данных и возможные внешние факторы, которые могут влиять на связь между переменными. Например, высокая корреляция не всегда подразумевает причинно-следственную связь. Это может быть результатом влияния третьих переменных или случайного совпадения. Поэтому для более глубокого анализа часто рекомендуется использовать дополнительные методы, такие как регрессионный анализ, который позволяет исследовать более сложные взаимосвязи и учитывать влияние нескольких факторов одновременно.

Таким образом, линейный коэффициент корреляции является мощным инструментом для анализа данных, но его следует использовать с осторожностью и в сочетании с другими методами, чтобы получить более полное представление о взаимосвязях между переменными.

В линейном коэффициенте корреляции учитываются не только знаки отклонений от средних величин, но и значения самих отклонений, выраженные коэффициентами доверия t_x и t_y :

$$t_x = \frac{x - \bar{x}}{\sigma_x}, \quad (1)$$

$$t_y = \frac{y - \bar{y}}{\sigma_y}. \quad (2)$$

Линейный коэффициент корреляции r представляет собой среднюю величину их произведений нормированных отклонений для x и y :

$$r = \frac{\sum \left(\frac{x - \bar{x}}{\sigma_x} \right) \left(\frac{y - \bar{y}}{\sigma_y} \right)}{n}, \quad (3)$$

или

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{n\sigma_x\sigma_y}. \quad (4)$$

Произведение числителей формул (1) и (2) деленное на n , т. е.

$$\frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{n} = \overline{(x - \bar{x})(y - \bar{y})},$$

представляет собой среднее произведение отклонений значений двух признаков от их средних, именуемое *ковариацией*.

Поэтому можно сказать, что линейный коэффициент корреляции представляет собой частное от деления ковариации между x и y на произведение их средних квадратических отклонений. Путем несложных математических преобразований формулу (4) можно привести к виду:

$$r = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\sigma_x\sigma_y}. \quad (5)$$

Если $\overline{xy} > \bar{x}\bar{y}$, то по формуле (5) $r > 0$, что характеризует прямую зависимость между x и y , в противном случае ($r < 0$) — обратную связь. Если $\overline{xy} = \bar{x}\bar{y}$, то $r = 0$, что означает отсутствие линейной зависимости между x и y , наконец при $r = 1$ имеется функциональная зависимость между x и y . Следовательно, всякое промежуточное значение r от 0 до 1 характеризует степень приближения корреляционной связи между x и y к функциональной.

Коэффициент корреляции при линейной зависимости выступает в роли меры плотности связи и показателя, который описывает, насколько корреляционная зависимость между переменными x и y близка к линейной.

В некоторых случаях близость значения коэффициента r к 0 может указывать на отсутствие связи между x и y , в других — на то, что зависимость не является линейной. Коэффициент корреляции вычисляется на основе ограниченного числа наблюдений и подвержен случайным колебаниям, как и значения x и y , на которых он основан. Как и любой выборочный показатель, он содержит случайную ошибку и не всегда отражает реальную связь между изучаемыми показателями.

Чтобы оценить значимость коэффициента r и определить, действительно ли существует измеряемая связь между переменными x и y , необходимо рассчитать среднюю квадратическую ошибку коэффициента корреляции σ_r . Оценка значимости r основана на сравнении значения r с его средней квадратической ошибкой: $\frac{|r|}{\sigma_r}$. Существуют некоторые особенности расчета σ_r в зависимости от числа наблюдений, объема выборки (n).

Если число наблюдений достаточно велико ($n > 50$), то σ_r рассчитывается по следующей формуле:

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}}. \quad (6)$$

Если же число наблюдений небольшое ($n < 30$), то σ_r рассчитывается как:

$$\sigma_r = \frac{\sqrt{1-r^2}}{\sqrt{n-2}}. \quad (7)$$

Значимость r проверяется на основе t -критерия Стьюдента, для чего определяется его расчетное значение и сопоставляется с табличным $t_{\text{ТАБЛ}}$:

$$t_{\text{РАСЧ}} = \frac{|r|}{\sigma_r} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}. \quad (8)$$

Значение $t_{\text{ТАБЛ}}$ находится на пересечении строки таблицы с уровнем значимости α , который равен $1 - \beta$, и столбца с числом степеней свободы ν , которое определяется как $n - 2$.

Если рассчитанное значение критерия $t_{\text{РАСЧ}} > t_{\text{ТАБЛ}}$, то коэффициент корреляции r считается значимым, а связь между переменными x и y — реальной. Когда $t_{\text{РАСЧ}} < t_{\text{ТАБЛ}}$, связь между x и y отсутствует, а отличие r от нуля было результатом случайности.

Для оценки силы (плотности) связи существует шкала Чэддока, представленная в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика силы связи

Коэффициент корреляции, r (характеристика зависимости)		Плотность связи	
прямая	обратная		
менее 0,1	менее -0,1	отсутствует связь	
0,1...0,3	-0,1...-0,3	слабая связь	
0,3...0,5	-0,3...-0,5	умеренная	средняя
0,5...0,7	-0,5...-0,7	заметная	
0,7...0,9	-0,7...-0,9	высокая (тесная)	сильная
0,9...0,99	-0,9...-0,99	весьма высокая	

В процессе исследования проверена плотность связи, соответствующая соотношению между транспортными средствами и территориями, отведенными под размещение парковочного пространства [11, 12]. Результаты исследования представлены в табл. 2, 3.

Связь рассматривает загрузку автомобилями в разное время суток в рабочие и выходные дни зимнего периода для максимального числа квартир многоэтажного дома (1044 кв.), расположенного в зоне влияния автостоянки открытого типа на 150 парковочных мест (рис. 4) [13, 14].

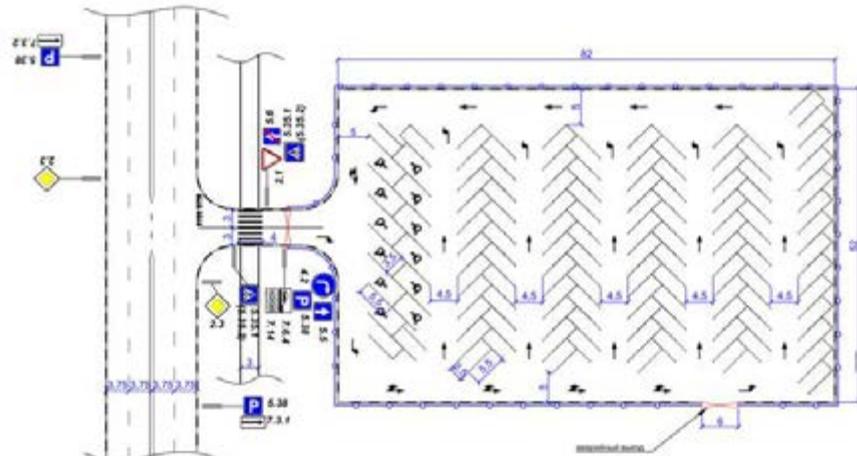


Рис. 4. Типовой план исследуемой парковки

Исходя из наблюдений сделан вывод, что в промежутке с 00:00 до 05:00 количество автомобилей на внутривортовых территориях и на автостоянке не изменяется. Следовательно, группировка и указание количества автомобилей в данном промежутке времени одним числом возможна [15].

Сведения по рабочим дням приведены в табл. 2, рассчитанный по формуле (5) коэффициент корреляции равен 0,913. Так как количество записей меньше 30, то σ_r рассчитано по формуле (7):

$$\sigma_r = \frac{\sqrt{1-r^2}}{\sqrt{n-2}} = \frac{0,4074}{4,2426} = 0,096,$$

$$t_{\text{РАСЧ}} = \frac{|r|}{\sigma_r} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0,913}{0,096} = 9,51.$$

При уровне значимости $\beta = 0,05$ и числе степеней свободы $\nu = n - 2 = 18$ по таблице значений критерия Стьюдента находим $t_{\text{ТАБЛ}} = 2,101$. Так как $t_{\text{ТАБЛ}} < t_{\text{РАСЧ}}$, связь можно считать весьма высокой или сильной (по Чеддоку), а коэффициент корреляции r значимым.

Сведения за выходные дни приведены в табл. 3, коэффициент корреляции, рассчитанный по формуле (5), равен 0,937. Так как количество записей меньше 30, то σ_r рассчитан по формуле (7):

$$\sigma_r = \frac{\sqrt{1-r^2}}{\sqrt{n-2}} = \frac{0,349}{4,2426} = 0,082,$$

$$t_{\text{РАСЧ}} = \frac{|r|}{\sigma_r} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0,937}{0,082} = 11,43.$$

При уровне значимости $\beta = 0,05$ и количеству степеней свободы $\nu = n - 2 = 18$ по таблице значений критерия Стьюдента находим $t_{\text{ТАБЛ}} = 2,101$. Так как $t_{\text{ТАБЛ}} < t_{\text{РАСЧ}}$, связь считается весьма высокой или сильной (по Чеддоку), а коэффициент корреляции r значимым.

Коэффициент корреляции загрузки территории двора и автостоянки в рабочие дни

Часы суток (рабочие дни)	Число автомобилей во дворе	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	$\frac{X - \bar{X}}{\sigma}$	Число автомобилей на автостоянке	$Y - \bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})^2$	$\frac{Y - \bar{Y}}{\sigma}$	$t_x \cdot t_y$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
00:00...05:00	252	63,5	4032,25	1,339	98	43,7	1909,7	1,418	1,899
05:00...06:00	248	59,5	3540,25	1,255	94	39,7	1576,1	1,288	1,616
06:00...07:00	240	51,5	2652,25	1,086	93	38,7	1497,7	1,256	1,364
07:00...08:00	204	15,5	240,25	0,327	60	5,7	32,5	0,185	0,060
08:00...09:00	148	-40,5	1640,25	-0,854	41	-13,3	176,9	-0,432	0,369
9:00...10:00	134	-54,5	2970,25	-1,150	32	-22,3	497,3	-0,724	0,833
10:00...11:00	123	-65,5	4290,25	-1,382	27	-27,3	745,3	-0,886	1,224
11:00...12:00	125	-63,5	4032,25	-1,339	22	-32,3	1043,3	-1,048	1,403
12:00...13:00	139	-49,5	2450,25	-1,044	21	-33,3	1108,9	-1,080	1,128
13:00...14:00	143	-45,5	2070,25	-0,960	20	-34,3	1176,5	-1,113	1,068
14:00...15:00	147	-41,5	1722,25	-0,875	21	-33,3	1108,9	-1,080	0,945
15:00...16:00	152	-36,5	1332,25	-0,770	23	-31,3	979,7	-1,016	0,782
16:00...17:00	163	-25,5	650,25	-0,538	27	-27,3	743,3	-0,886	0,477
17:00...18:00	186	-2,5	6,25	-0,053	38	-16,3	265,7	-0,529	0,028
18:00...19:00	200	11,5	132,25	0,243	54	-0,3	0,1	-0,010	-0,002
19:00...20:00	214	25,5	650,25	0,538	59	4,7	22,1	0,152	0,082
20:00...21:00	220	31,5	992,25	0,664	74	19,7	388,1	0,639	0,424
21:00...22:00	234	45,5	2070,25	0,960	89	34,7	1204,1	1,126	1,081
22:00...23:00	245	56,5	3192,25	1,192	95	40,7	1656,5	1,321	1,575
23:00...24:00	252	63,5	4032,25	1,339	98	43,7	1909,7	1,418	1,899
	$\bar{X} = 188,5$		$\Sigma 42699$		$\bar{Y} = 54,3$		$\Sigma 18042,4$		$\Sigma 18,255$
			$\sigma_x = 47,41$		$r = 0,913$		$\sigma_y = 30,82$		

Коэффициент корреляции загрузки территории двора и автостоянки в выходные дни

Часы суток (выходные дни)	Число автомобилей во дворе	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	$\frac{X - \bar{X}}{\sigma}$	Число автомобилей на автостоянке	$Y - \bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})^2$	$\frac{Y - \bar{Y}}{\sigma}$	$t_x \cdot t_y$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
00:00...05:00	254	32,1	1030,4	1,159	96	20,9	436,8	1,112	1,289
05:00...06:00	253	31,1	967,2	1,123	96	20,9	436,8	1,112	1,249
06:00...07:00	251	29,1	846,8	1,051	95	19,9	396,0	1,059	1,113
07:00...08:00	249	27,1	734,4	0,978	92	16,9	285,6	0,899	0,879
08:00...09:00	242	20,1	404,0	0,726	88	12,9	166,4	0,686	0,498
09:00...10:00	223	1,1	1,2	0,040	76	0,9	0,8	0,048	0,002
10:00...11:00	206	-15,9	252,8	-0,574	65	-10,1	102,0	-0,537	0,308
11:00...12:00	191	-30,9	954,8	-1,116	53	-22,1	488,4	-1,176	1,312
12:00...13:00	179	-42,9	1840,4	-1,549	51	-24,1	580,8	-1,282	1,986
13:00...14:00	174	-47,2	2227,8	-1,704	46	-29,1	846,8	-1,548	2,638
14:00...15:00	183	-38,9	1513,2	-1,404	47	-28,1	789,6	-1,495	2,099
15:00...16:00	188	-33,9	1149,2	-1,224	52	-23,1	533,6	-1,229	1,504
16:00...17:00	201	-20,9	436,8	-0,755	58	-17,1	292,4	-0,910	0,687
17:00...18:00	214	-7,9	62,4	-0,285	65	-10,1	102,0	-0,537	0,153
18:00...19:00	228	6,1	37,2	0,220	74	-1,1	1,2	-0,059	-0,013
19:00...20:00	229	7,1	50,4	0,256	80	4,9	24,0	0,261	0,067
20:00...21:00	232	10,1	102,0	0,365	85	9,9	98,0	0,527	0,192
21:00...22:00	238	16,1	259,2	0,581	92	16,9	285,6	0,899	0,522
22:00...23:00	248	26,1	681,2	0,942	95	19,9	396,0	1,011	0,952
23:00...24:00	254	32,1	1030,4	1,159	96	20,9	436,8	1,112	1,289
	$\bar{X}_2 = 221,9$		$\Sigma 14581,8$		$\bar{Y}_2 = 75,1$		$\Sigma 6699,6$		$\Sigma 18,73$
			$\sigma_x = 27,7$		$r = 0,937$		$\sigma_y = 18,8$		

Данные по загрузке парковки, находящейся в зоне влияния внутривортовой территории, в рабочие и выходные дни можно представить линейными зависимостями с соответствующими математическими выражениями.

По итогам работы выражена зависимость загрузки автостоянки на 150 парковочных мест от относительной загрузки автомобилями территории, выбранного двора многоэтажного дома по сезонам года.

Высокое значение коэффициента корреляции (0,888...0,976) соответствует высокой связи и адекватности собранных данных.

В выходные дни подвижность автомобилей во дворах и на автостоянках значительно ниже, поэтому и разброс значений на графиках в эти дни также меньше, чем в рабочие дни недели. В общем виде линейная зависимость загрузки автостоянки (Z_a) от относительной загрузки дворовой территории (Z_d), находящейся в зоне влияния этой автостоянки, может быть представлена как:

$$Z_a = \gamma Z_d - k, \quad (9)$$

Значения эмпирических коэффициентов γ и k в зависимости от сезона года и дня недели (рабочий или выходной) представлены в табл. 4.

Таблица 4

Эмпирические коэффициенты для рабочих и выходных дней недели по сезонам

Время года	Дни недели	Эмпирические коэффициенты	
		γ	k
зима	рабочие	427,85	41,56
	выходные	466,41	49,03
весна	рабочие	382,68	30,70
	выходные	438,60	45,75
лето	рабочие	351,10	27,11
	выходные	413,18	39,75
осень	рабочие	353,64	28,35
	выходные	406,84	39,83

Таким образом, загрузка автостоянок непосредственно связана с относительной загрузкой автомобилями внутривортовых территорий, которые расположены в зоне их влияния, данные загрузки коррелируют между собой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Адомавичюс В. П.* Исследование существующего и перспективного режима использования городских автостоянок: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Л., 1971. 27 с.
2. *Адомавичюс В. П.* Вопросы паркингов автомобилей в жилых районах города // Городское строительство и транспорт. Архитектура: материалы II республ. науч.-техн. конф. по вопросам стр-ва и архитектуры. Вильнюс, 1971. С. 74—76
3. *Алексеев Ю. В., Леонтьев Б. В.* Особенности формирования автостоянок в жилых образованиях с надземными территориями // Жилищное строительство. 2009. N 9. С. 2—5.
4. *Косицына Э. С., Калашикова Е. В.* Проблема организации системы хранения автотранспорта в городах // Устойчивое развитие городов и новации жилищно-коммунального комплекса: V междунар. науч.-практ. конф. 2007. Т. 1. М.: МИКХиС, 2007. С. 177—179.
5. *Косицына Э. С., Калашикова Е. В.* К вопросу об организации парковок легкового автотранспорта в крупных и крупнейших городах // Развитие современных городов и реформа

жилищно-коммунального хозяйства: III междунар. науч.-практ. конф. 2005. М. : МИКХиС, 2005. С. 83—85.

6. *Фадеев Д. С.* Разработка метода организации парковки автомобилей в центрах крупных городов // Вестник ИргТУ. 2005. № 1. С. 175—176.

7. *Shoup D. C.* The Trouble With Minimum Parking Requirements // (UCLA) Transportation Research. Part A. 1999. Vol. 33. Pp. 549—574.

8. *Артёмова С. Г.* Модель формирования максимальной загрузки дворовых территорий паркующимися автомобилями // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного ун-та. Серия: Строительство и архитектура. 2011. Вып. 22(41). С. 52—58.

9. *Артёмова С. Г.* Определение зоны влияния автостоянки // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного ун-та. Серия: Строительство и архитектура. 2011. Вып. 23(42). С. 92—96.

10. *Кобзарь А. И.* Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. 816 с.

11. *Gerlach V. J., Dohmen R., Blochwitz H.* Kennlinien der Parkraumnachfrage. Bremerhaven : Wirtschaftsverl. N. W., 2000. 90 p.

12. *Arnott R., Rowse J.* Modeling parking // Journal of Urban Economics. 1999. Vol. 45. No. 1. Pp. 97—124.

13. *Maršanić R., Zenzerović Z., Mrnjavac E.* Planning Model of Optimal Parking Area Capacity // Promet — Traffic&Transportation. 2010. Vol. 22. No. 6. Pp. 449—457.

14. *Calthrop E., Proost S.* Regulating urban parking: the choice between meter fees and time restrictions // ETE working paper 2000-06, CES, K.U. Leuven, 2000. 266 p.

15. *Артемов С. Н., Артёмова С. Г.* Регрессионно-корреляционный анализ связи загрузок автостоянки и находящейся в зоне ее влияния дворовой территории // Наука и образование: архитектура, градостроительство и строительство: мат-лы междунар. конф., посвящен. 60-летию образования вуза. 2012. Ч II. Волгоград : Изд-во ВолГАСУ, 2012. 385 с.

16. *Артёмова С. Г.* Разработка полицентрической системы организации парковки автомобилей в городах: дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2013. 224 с.

© *Артёмова С. Г., Макаров А. В., Скабелин Н. С., Проценко О. В., 2025*

*Поступила в редакцию
в ноябре 2024 г.*

Ссылка для цитирования:

Артёмова С. Г., Макаров А. В., Скабелин Н. С., Проценко О. В. Исследование и анализ загрузок автостоянки, расположенной вблизи жилой территории // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2025. Вып. 1(98). С. 81—91. DOI: 10.35211/18154360_2025_1_81.

Об авторах:

Артёмова Светлана Георгиевна — канд. техн. наук, доц., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; snartemov@mail.ru

Макаров Александр Владимирович — канд. техн. наук, доц., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; pr.makarov@mail.ru

Скабелин Никита Сергеевич — студент, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; nskabelin@mail.ru

Проценко Оксана Владимировна — старший преподаватель каф. инженерной графики, стандартизации и метрологии, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая 1; gabble_may@mail.ru

Svetlana G. Artemova, Aleksandr V. Makarov, Nikita S. Skabelin, Oksana V. Protsenko

Volgograd State Technical University

RESEARCH AND ANALYSIS OF PARKING LOADS LOCATED NEAR A RESIDENTIAL AREA

Modern urban planning is faced with a growing need to optimize the use of space, and parking areas occupy an important place in this process. The study of the interrelationships between various elements of urban infrastructure allows not only to improve the accessibility of parking lots, but also to improve the quality of life of residents. The analysis of existing parking solutions in adjacent territories is also a key stage in the development of new design solutions.

Key words: courtyard area, loading of parking lots, parking zone of influence, mathematical analysis, correlation.

For citation:

Artemova S. G., Makarov A. V., Skabelin N. S., Protsenko O. V. [Research and analysis of parking loads located near a residential area]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2025, iss. 1, pp. 81—91. DOI: 10.35211/18154360_2025_1_81.

About authors:

Svetlana G. Artemova — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; snartemov@mail.ru

Aleksandr V. Makarov — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; pr.makarov@mail.ru

Nikita S. Skabelin — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; nskabelin@mail.ru

Oksana V. Protsenko — Senior Lecturer, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; gabble_may@mail.ru