

ВПЛИВ МІСТОБУДІВНИХ ФАКТОРІВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕЛОСИПЕДНОГО РУХУ

Виявлено і вивчено характер взаємозв'язків між основними містобудівними факторами та характеристиками велосипедного руху. Виконано містобудівний аналіз виявлених залежностей.

Ключові слова: містобудівні фактори, велосипедний рух, щільність та структура мережі велосипедних шляхів, кількість поїздок на велосипеді, показники смертності велосипедистів у дорожньо-транспортних пригодах.

Щороку велосипедний рух все активніше входить в структуру міського руху населених пунктів у різних країнах, з різними економічними, соціальними, природно-кліматичними та політичними умовами розвитку. Це явище набуває планетарного масштабу. Його часто пов'язують в одних країнах із зростанням рівня екологічної культури населення, розвитком постіндустріального суспільства, в інших – із бідністю населення або даниною закордонній моді на використання екологічних видів транспорту.

Всебічне вивчення характеристик велосипедного руху є основою побудови та реалізації концепцій розвитку велосипедного руху, комплексних схем транспорту та організації дорожнього руху, вирішення питань включення велосипедних шляхів у вулично-дорожню мережу населених пунктів на всіх стадіях містобудівного проектування.

Велосипедна інфраструктура українських міст – коло наукових питань, які вивчають вітчизняні вчені – Рейцен Е.О., Христюк М.М., Горбачов П.Ф., Токмиленко О.С., Литвиненко Т.П., Смілянець Л.В., Телетов О.С., Петрушенко Ю.М., Біленко В.О. Предметом їх досліджень є нормування у проектуванні велосипедної інфраструктури [1], безпека та організація велосипедного руху [2], визначення параметрів велосипедних шляхів, маршрутизація велосипедної мережі [3-4], маркетинг велосипедного руху [5]. Великий досвід вивчення широкого спектру питань розвитку та функціонування велоінфраструктури представлений у роботах закордонних вчених Dill J., Voros K., Carr T. [6-7], Hunt, J., Abraham J. [8], Sener I., Eluru N., Bhat C. [9], Raford N., Chiaradia A., Gil J. [10].

В багатьох дослідженнях першочерговим завданням є вивчення параметрів велосипедного руху, умов проектування та функціонування велосипедної

мережі, аналіз та моделювання поведінки велосипедистів в конкретних містобудівних умовах.

Протяжність та структура велосипедної мережі населеного пункту повинна в повній мірі задовольняти потреби велосипедистів у переміщеннях, відповідати вимогам безперервного, комфортного та безпечного руху. З містобудівної точки зору, вона має бути мінімальною, але достатньою для забезпечення цих вимог. Пошук оптимальних варіантів розвитку мережі велосипедного руху повинен базуватися не лише на глибокому аналізі транспортно-планувальної структури населеного пункту, виявленні соціально-економічних, культурних, природно-кліматичних, містобудівних факторів, що впливають на розвиток та характеристики велосипедного руху, а також на порівняльному аналізі із іншими населеними пунктами зі схожими характеристиками.

Метою даного дослідження є виявлення і вивчення характеру взаємозв'язків між основними містобудівними факторами та характеристиками велосипедного руху на прикладі 68 міст Сполучених Штатів Америки, спроба математичного опису виявлених залежностей та обґрунтування містобудівних заходів щодо їх впливу на характер велосипедного руху.

Серед основних містобудівних факторів, що, цілком ймовірно, можуть впливати на характеристики велосипедного руху, виділимо:

- кількість населення;
- площу населеного пункту без врахування водних поверхонь;
- щільність населення;
- кількісні показники протяжності захищених, незахищених велосипедних смуг та велосипедних маршрутів;
- щільність мережі велосипедних шляхів;
- щільність мережі тротуарів, як показник потенційного розвитку велосипедної мережі;
- відсоток населення, що не має у власності автомобіль, як обернений показник рівня автомобілізації населення.

Характеристики велосипедного руху опишемо:

- часткою поїздок на роботу, що здійснюються на велосипеді, від загальної кількості поїздок на роботу;
- середніми показниками смертності велосипедистів у дорожньо-транспортних пригодах (ДТП) на 10 тис. велосипедистів;
- смертністю велосипедистів у ДТП від загальної кількості смертельних ДТП.

Показники розвитку велосипедної мережі та характеристики велосипедного руху 68 міст США наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 [11, pp.5, 120, 122, 125, 137-138, 149-150]
Показники розвитку велосипедної мережі та характеристики велосипедного руху в містах США

№ з/п	Місто	Кількість населення, тис.	Площа міста, миль ²	Захищені велосипедні смуги, миль	Незахищені велосипедні смуги, миль	Велосипедні маршрути, миль	Щільність мережі велосипедних шляхів, миль/миль ²	Щільність мережі тротуарів, миль/миль ²	Поїздок на роботу, що здійснюються на велосипеді, %	Мешканців, що не мають у власності автомобіль, %	Показники смертності велосипедистів у ДТП на 10 тис. велосипедистів ¹	Смертність велосипедистів у ДТП від загальної кількості ДТП ² , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.	Burlington, VT	42.3	10.3	0.7	7.3	12.2	2.0	12.3	6.8	X	0	0
2.	Davis, CA	65.9	9.89	5.0	109.0	53.0	16.9	28.5	20.3	10.7	0	0
3.	Missoula, MT	68.4	28.9	0.8	83.1	32.7	4.2	14.4	6.4	7	1	3
4.	Bellingham, WA	82.1	27.08	-	64.0	12.0	2.8	11.0	2.9	11	0	0
5.	Albany, NY	98.3	21.4	-	3.9	7.0	0.5	13.5	0.7	25.4	13	9
6.	Boulder, CO	101.9	24.7	5.5	73.0	60.0	5.6	18.5	10.8	9	1	12
7.	Fort Collins, CO	149.0	54.28	12.0	336.0	49.0	7.3	15.5	7.4	5.4	1	9
8.	Eugene, OR	158.2	43.72	4.7	182.0	46.0	5.3	17.7	8.0	11.6	1	12
9.	Chattanooga, TN	172.1	135.2	-	17.0	28.0	0.3	3.6	0.5	11.8	23	2
10.	Salt Lake City, UT	189.6	109.1	6.9	200.2	27.0	2.1	12.6	2.9	12.8	4	4
11.	Spokane, WA	209.9	59.25	-	35.5	74.7	1.9	21.3	0.6	10.8	6	6

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
12.	Baton Rouge, LA	229.5	76.95	-	25.7	9.0	0.5	12.2	0.8	10.2	20	5
13.	Madison, WI	240.3	76.79	3.0	110.0	51.0	2.1	X	5.2	13.1	1	5
14.	Anchorage, AK	298.4	137.51	-	10.0	310.0	2.3	0.1	1.2	5.8	3	3
15.	Pittsburgh	306	55.37	6.5	29.2	21.0	1.0	36.8	1.8	25.2	1	1
16.	St Louis	318.9	61.91	12.3	19.8	36.8	1.1	X	0.7	22.2	3	1
17.	Honolulu	344.9	61	2.0	97.0	47.0	2.4	X	1.9	18.9	3	3
18.	New Orleans	369.8	169.01	8.2	59.4	30.2	0.6	15.7	2.8	18.9	6	5
19.	Arlington, TX	375.6	96.01	-	11.6	37.0	0.5	12.4	0.2	5	16	2
20.	Wichita, KS	385.2	135.78	-	7.7	64.1	0.5	X	0.3	7.5	14	2
21.	Cleveland	391.3	77.99	-	28.4	35.0	0.8	26.9	0.5	26.5	8	2
22.	Minneapolis	393.7	54.01	13.4	118.1	179.3	5.8	37.0	3.9	18	2	7
23.	Tulsa	395.2	197.01	-	10.6	60.7	0.4	4.8	0.2	7.8	11	1
24.	Oakland	401.3	56	4.3	81.0	25.7	2.0	20.0	3.0	17	4	5
25.	Miami	414.1	36	2.3	38.6	32.7	2.0	29.2	0.9	22	10	2
26.	Raleigh	423.2	143.02	1.0	17.0	92.0	0.8	8.1	0.5	6.7	12	3
27.	Omaha	428.8	127.01	1.5	9.0	130.0	1.1	X	0.2	9	6	1
28.	Colorado Springs	433.6	194.96	0.9	220.0	99.7	1.6	12.0	0.6	6.7	5	2
29.	Atlanta	441.1	133.02	3.1	88.0	31.0	0.9	X	0.9	17	6	2
30.	Virginia Beach	445.6	249.08	0.1	15.1	57.5	0.3	0.2	0.6	4.5	4	2
31.	Mesa	451.3	137.01	-	360.0	10.5	2.7	32.1	1.0	7.5	14	7
32.	Kansas City, MO	464.4	315.06	-	38.0	71.0	0.3	7.0	0.4	12	9	1
33.	Long Beach	467.6	50	X	X	X	X	X	1.0	11.7	7	4

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
34.	Sacramento	475.5	98	-	255.0	78.0	3.4	21.8	2.3	12	5	5
35.	Fresno	505.6	111.98	-	390.0	20.0	3.7	17.4	1.1	11.7	18	8
36.	Tucson	524.9	227.03	3.1	309.4	101.8	1.8	X	2.9	13	5	5
37.	Albuquerque	554.3	188.03	5.8	190.2	160.9	1.9	X	1.3	7.5	8	5
38.	Las Vegas	595.9	135.99	0.3	460.0	22.6	3.6	X	0.4	10.1	15	3
39.	Milwaukee	598.3	95.99	1.8	165.0	24.0	2.0	31.3	0.9	19	3	1
40.	Oklahoma City	600.0	606.06	0.3	10.0	81.0	0.2	4.1	0.2	7.5	18	1
41.	Portland, OR	603.0	133	23.4	312.8	79.0	3.1	18.9	6.1	15	1	6
42.	Louisville	605.4	324.96	6.0	66.9	38.3	0.3	6.7	0.3	11.7	18	2
43.	Baltimore	621.8	81	1.9	45.1	42.0	1.1	X	0.9	32	5	2
44.	Nashville	623.9	474.81	19.2	180.4	113.0	0.7	2.3	0.3	8.5	14	2
45.	Washington, D.C.	633.2	61	8.2	97.2	73.0	2.9	31.3	4.0	38	1	3
46.	Denver	634.7	153.01	4.3	122.4	267.2	2.6	18.3	2.4	12	2	3
47.	Seattle	636.3	84	9.5	98.0	48.0	1.9	27.0	3.7	16	1	5
48.	Boston	637.6	48	2.5	158.0	53.0	4.4	X	1.9	36	3	7
49.	Memphis	653.0	315	9.8	136.5	30.2	0.6	10.8	0.3	13.5	21	1
50.	El Paso	671.1	254.98	-	80.3	16.0	0.4	9.8	0.1	8	10	1
51.	Detroit	696.9	139	X	X	X	X	X	0.4	25.5	35	3
52.	Charlotte	774.4	297.96	3.0	160.0	40.0	0.7	7.0	0.2	8.5	28	3
53.	Fort Worth	777.5	339.97	1.9	53.6	67.8	0.4	X	0.2	6.8	21	2
54.	Columbus	810.4	216.97	9.5	55.5	147.0	1.0	6.8	0.8	10	6	3
55.	San Francisco	826.6	47	25.1	120.3	-	3.1	X	3.7	30	1	5

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
56.	Indianapolis	833.9	361	10.0	75.0	73.1	0.4	4.1	0.4	10	16	3
57.	Jacksonville	836.1	747.18	2.0	400.0	55.0	0.6	6.4	0.4	8	34	4
58.	Austin	862.9	297.96	32.9	212.0	8.0	0.8	8.9	1.6	7.5	2	2
59.	San Jose	983.8	177.01	66.0	376.0	113.0	3.1	36.2	0.9	5	5	4
60.	Dallas	1239.3	341.03	8.1	5.0	103.0	0.3	14.6	0.2	10.1	15	1
61.	San Diego	1337.5	324.95	99.1	535.0	72.3	2.2	3.7	0.9	9	6	4
62.	San Antonio	1383.7	460.93	1.0	219.0	83.0	0.7	9.8	0.3	9	22	2
63.	Phoenix	1488.7	517.09	-	430.0	51.0	0.9	X	0.7	9	18	5
64.	Philadelphia	1546.8	134	12.0	422.8	63.5	3.7	33.6	2.1	33	3	3
65.	Houston	2162.3	599.97	-	84.0	119.0	0.3	X	0.6	10.1	9	2
66.	Chicago	2712.0	228	161.0	280.1	38.0	2.1	35.1	1.4	27	4	4
67.	Los Angeles	3852.8	469	1.0	739.8	112.9	1.8	22.9	1.1	13.5	5	3
68.	New York City	8341.1	303	51.0	360.0	310.0	2.4	42.1	1.0	55	7	6
Середнє значення				10.2	153.2	68.7	2.09	16.8	2.1	14.4	8.6	3.6
Максимальне значення				161.0	739.8	310.0	16.9	36.8	20.3	55	35	12
Мінімальне значення				-	3.9	-	0.2	0.1	0.1	4.5	0	0

¹ Середні показники смертності велосипедистів у ДТП на 10 тис. велосипедистів у 2005-2013 роках, випадків;

² Смертність велосипедистів у ДТП від загальної кількості смертельних ДТП у 2005-2013 роках, %;

X – статистичні дані по даним значення відсутні;

“ - ” – елементи велосипедної мережі відсутні;

■ – найбільше або найменше значення відповідного показника.

Виявлення і вивчення характеру взаємозв'язків проведено методом аналізу кореляційних залежностей пар містобудівних факторів та характеристик велосипедного руху. Оцінку моделей взаємозв'язку здійснено через коефіцієнт детермінації R^2 . На рисунках 1-6 представлено лише найбільш значущі результати дослідження.

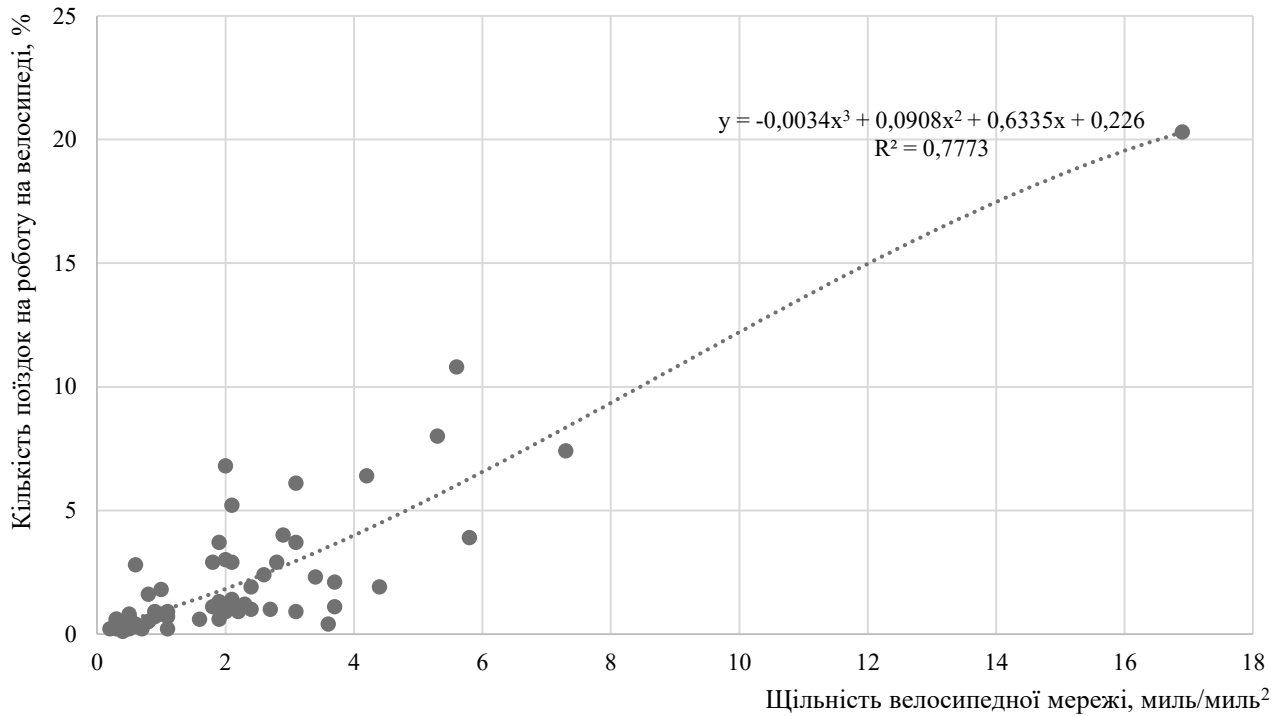


Рис. 1. Залежність між щільністю велосипедної мережі та кількістю поїздок на роботу на велосипеді

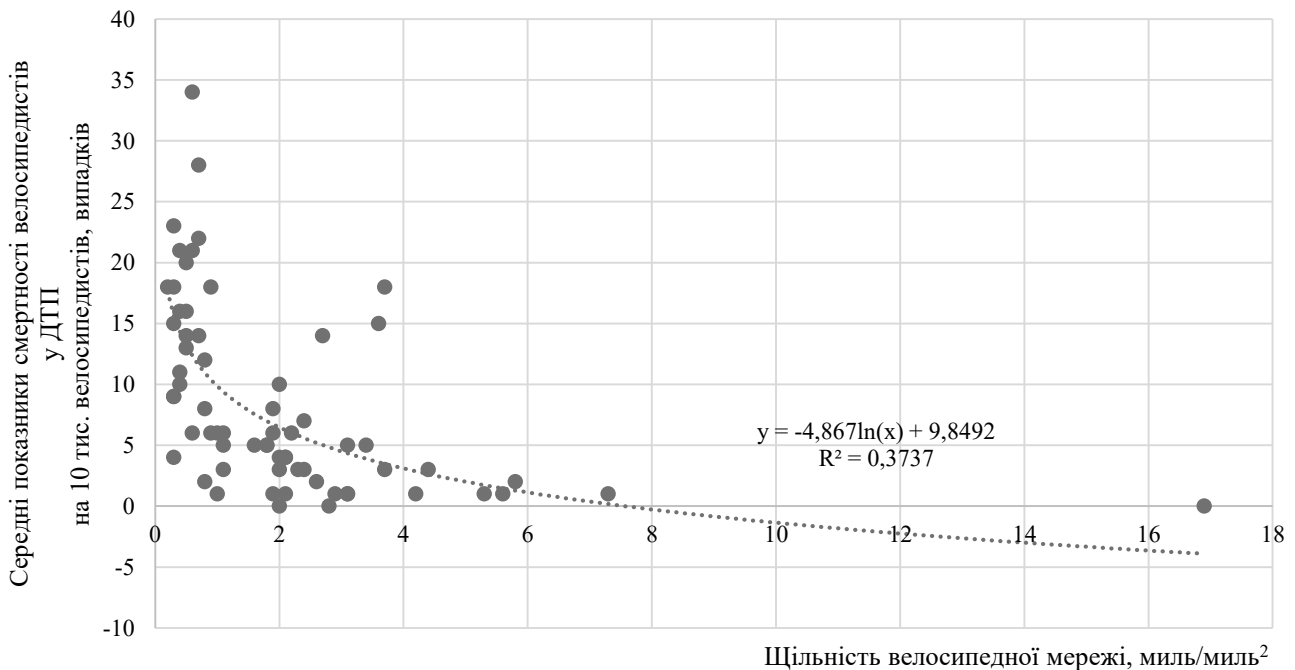


Рис. 2. Залежність між щільністю велосипедної мережі та показниками смертності велосипедистів у ДТП на 10 тис. велосипедистів

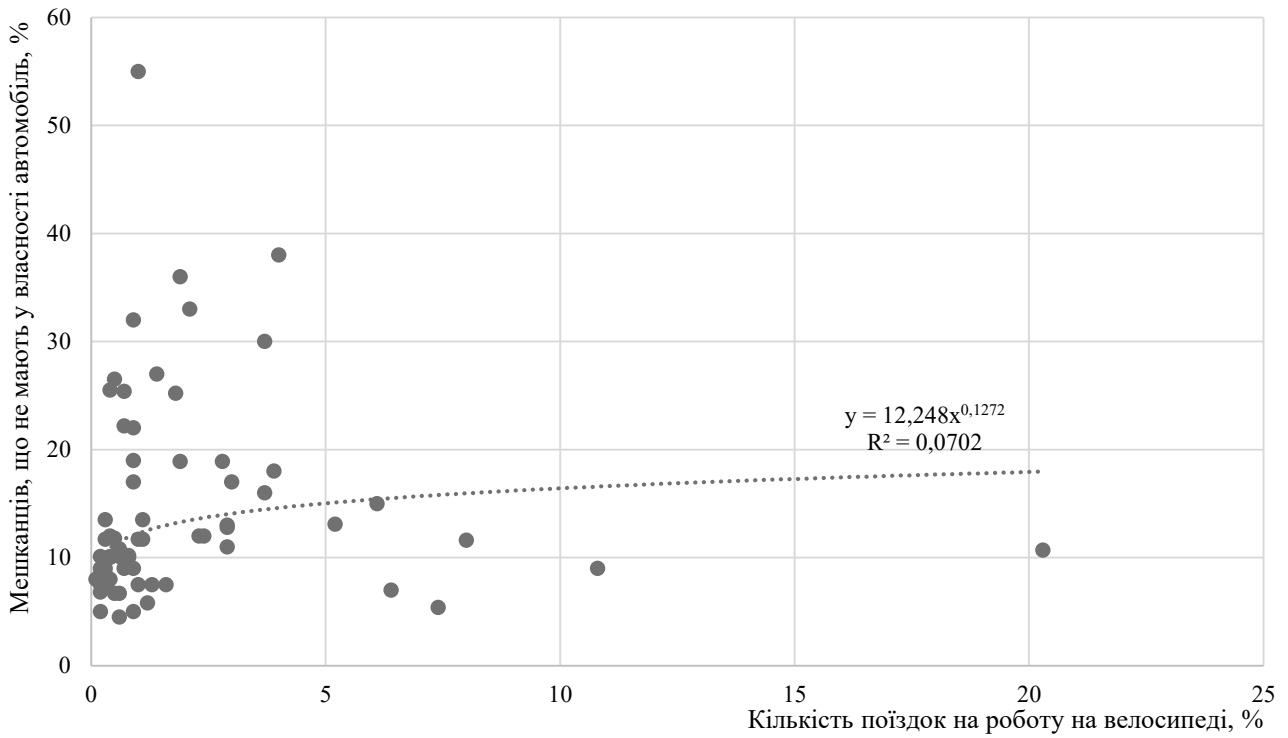


Рис. 3. Залежність між кількістю поїздок на роботу на велосипеді та кількістю мешканців, що не мають у власності автомобіль

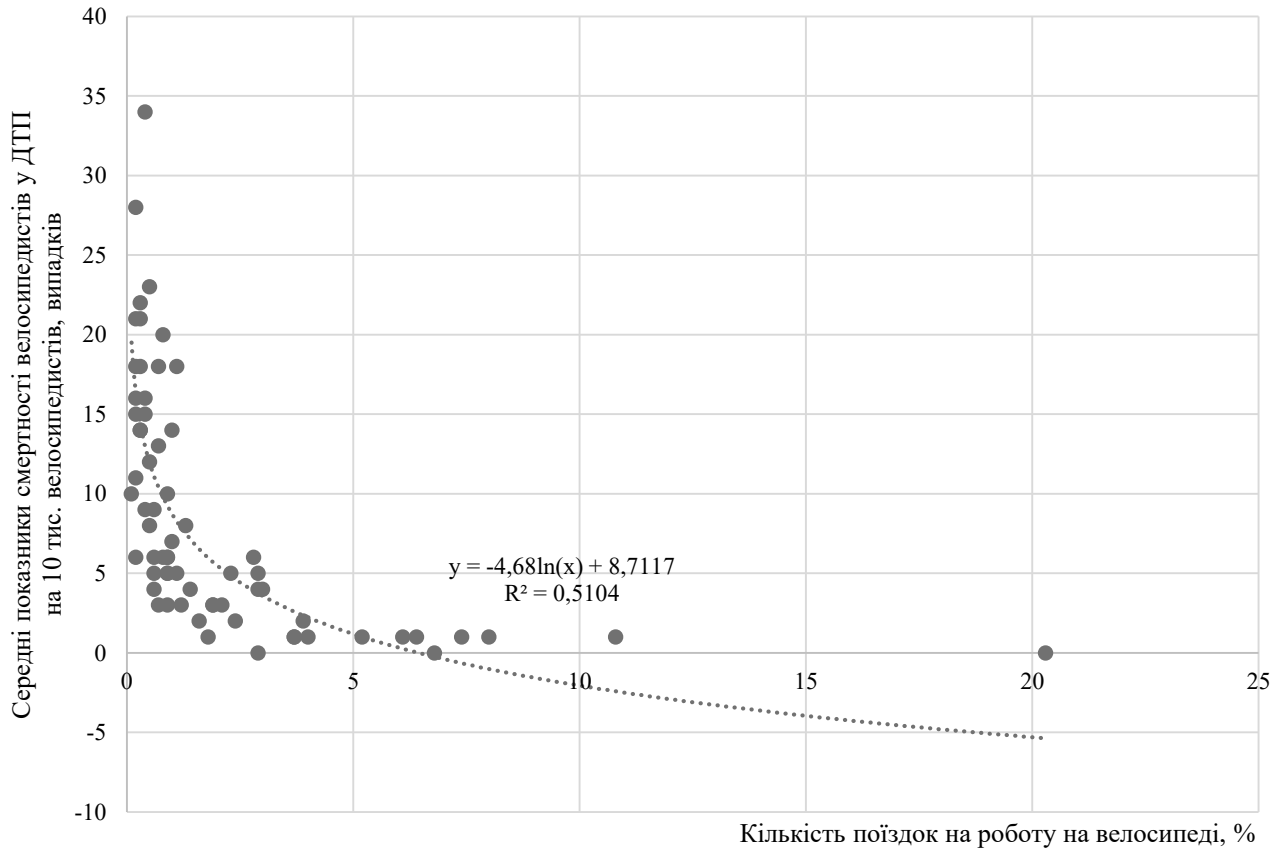


Рис. 4. Залежність між кількістю поїздок на роботу на велосипеді та показниками смертності велосипедистів у ДТП

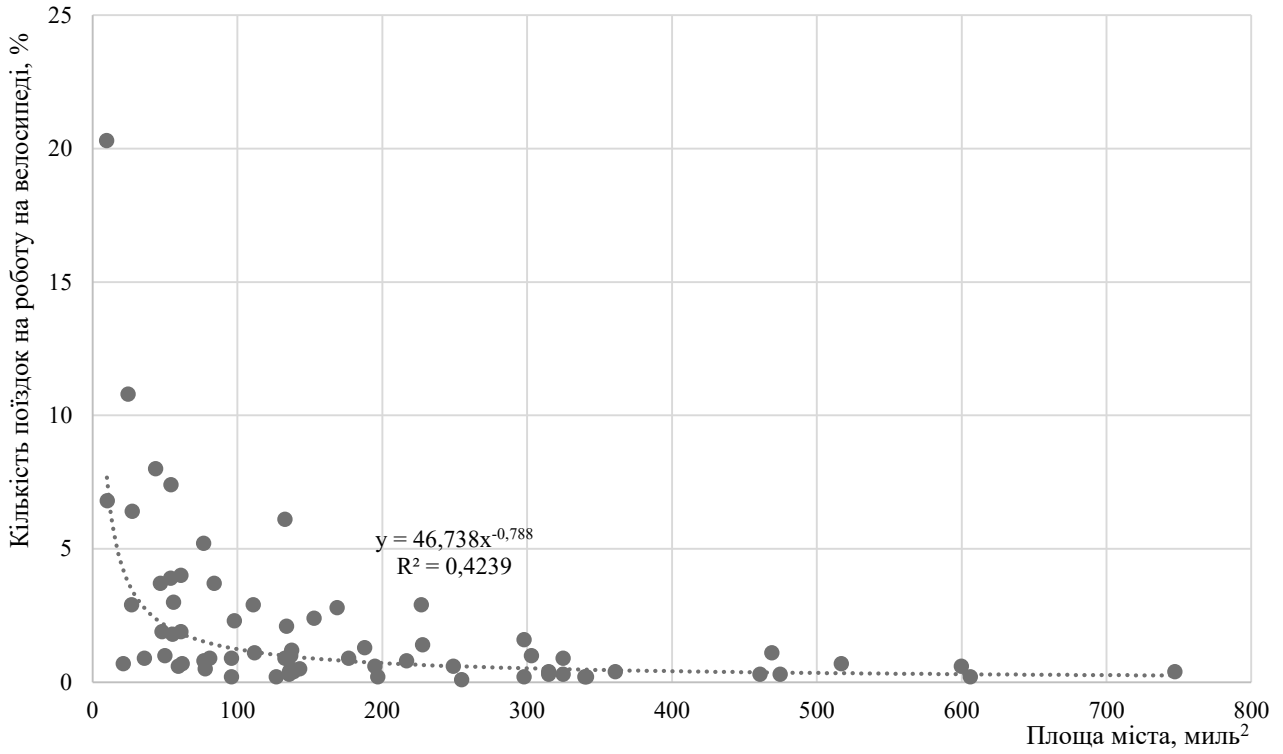


Рис. 5. Залежність між площею міста та кількістю поїздок на роботу на велосипеді

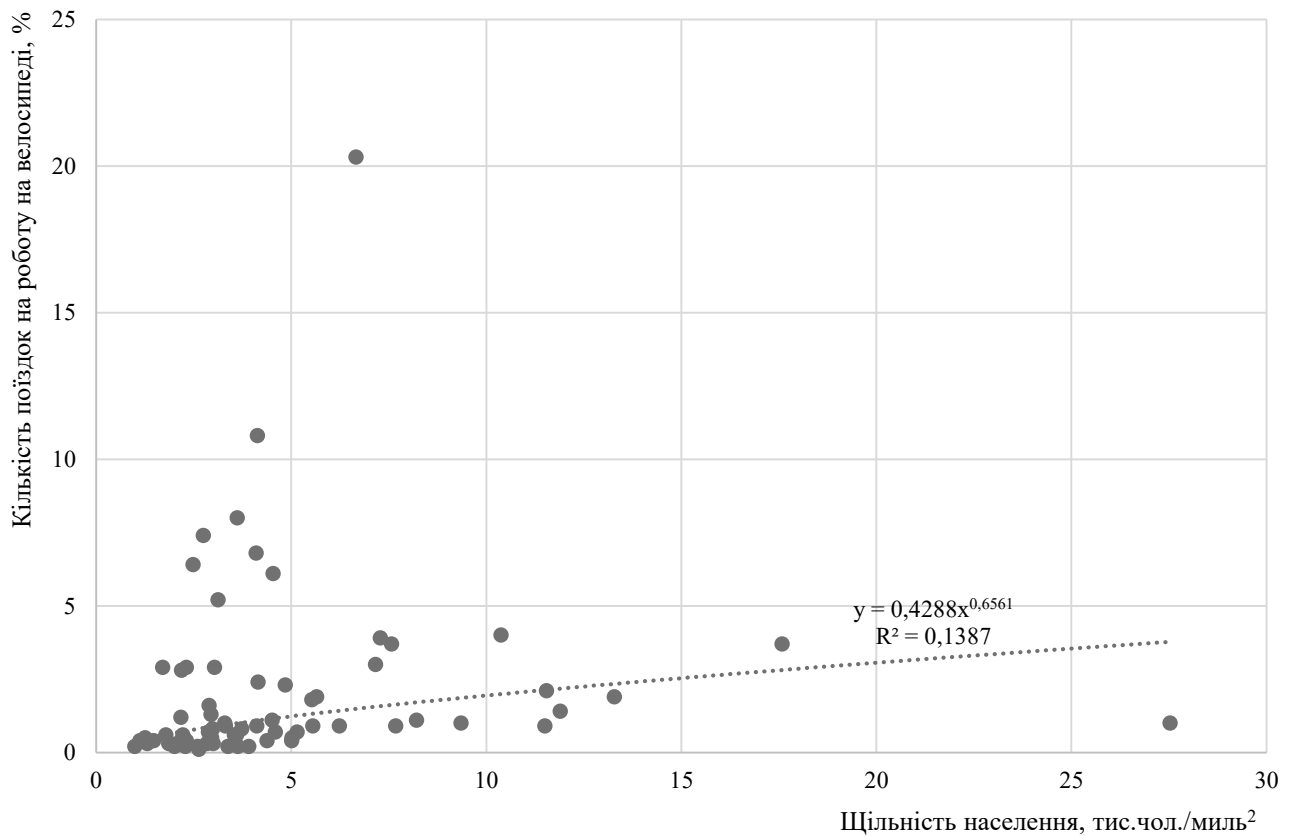


Рис. 6. Залежність між щільністю населення та кількістю поїздок на роботу на велосипеді

В результаті графічної систематизації містобудівних факторів та характеристик велосипедного руху було встановлено, що:

1. Щільність велосипедної мережі впливає на кількість поїздок на роботу на велосипеді (рис. 1). Ця залежність описується лінійною ($y=1,1505x-0,2716$; $R^2=0,76894$) або поліноміальною ($y=-0,0034x^3+0,0908x^2+0,6335x+0,226$; $R^2=0,77725$) кривою. Встановлено, що для груп міст з кількістю населення до 300 тис. чол. та понад 1 млн. залежність носить лінійний характер і описується прямими $y=1,1867x+0,7611$ ($R^2=0,875$), $y=0,4692x+0,1715$ ($R^2=0,8414$) відповідно. Велика щільність велосипедної мережі і пов'язаний із цим фактор безпеки поїздок на велосипеді спонукає мешканців обирати велосипед в якості альтернативного виду транспорту при здійсненні поїздок на роботу.

2. Чим більша щільність велосипедної мережі тим менша кількість смертельних ДТП за участі велосипедистів. Залежність між цими показниками (рис.2) має логарифмічний характер ($y=-4,867\ln(x)+9,8492$; $R^2=0,37365$).

3. Відсутність власного автомобіля не сприяє вибору велосипеда в якості засобу пересування (рис.3) і нівелюється високим рівнем обслуговування засобами громадського транспорту.

4. Чим більша кількість поїздок на велосипеді на роботу, тим менша кількість смертельних ДТП за участі велосипедистів (рис.4). Цю закономірність найкраще описує логарифмічна крива ($y=-4,68\ln(x)+8,7117$; $R^2=0,51042$) і пояснює той факт, що при зростанні кількості велосипедистів на вулично-дорожній мережі зростає увага та повага усіх учасників міського руху один до одного, оскільки всі учасники руху за різних умов використовують різні види переміщення – піший, велосипедний, автомобільний чи громадський транспорт.

5. Зростання площі міста зменшує ймовірність здійснення поїздок на велосипеді на роботу (рис.5, степенева функція $y=46,738x^{-0,788}$, $R^2=0,42394$). Встановлено, що в містах із площею понад 300 миль² відсоток використання велосипеда в якості засобу пересування з робочою метою не перевищує 1,1%.

6. Кількість населення та щільність населення (рис.6) не впливає на кількість поїздок на велосипеді на роботу.

7. Структура велосипедної мережі, а саме співвідношення між протяжністю захищених, незахищених смуг та велосипедних маршрутів до загальної протяжності велосипедної мережі, не впливає ні на кількість смертельних ДТП за участі велосипедистів, ні на кількість поїздок на велосипеді на роботу. Відмічено лише, що якщо частка захищених велосипедних смуг становить більше 10% від загальної протяжності велосипедної мережі населеного пункту, то кількість смертельних ДТП за участі велосипедистів в генеральній сукупності даних не перевищує 6 випадків на 10 тис. велосипедистів.

8. Щільність потенційної велосипедної мережі не значно впливає на кількість смертельних ДТП за участі велосипедистів.

9. Не існує зв'язку між приведеною протяжністю велосипедної мережі на 1 тисячу населення (або тисяч мешканців на 1 мілью велосипедної мережі) та кількістю поїздок на велосипеді на роботу.

10. Відсутній взаємозв'язок між співвідношенням щільності велосипедної мережі до потенційної мережі та кількістю поїздок на велосипеді на роботу.

Дані висновки характерні для міст США із врахуванням економічних, соціальних, культурних, містобудівних особливостей розвитку міст цієї країни. Для підтвердження виявлених закономірностей їх слід перевірити на моделях інших країн.

Подальші дослідження варто проводити для окремих груп міст, об'єднаних за ознакою функції, розміру території, кількості чи соціально-економічного складу населення. Такі дослідження повинні лягти в основу прогностичних багатofакторних моделей розвитку велосипедного руху як для окремих груп населених пунктів, так і для країн загалом.

Література

1. Христюк Н. М. Изменение и дополнение норм по проектированию велоинфраструктуры в населенных пунктах с кратким научно-практическим комментарием // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XX Междунар. науч.-практ. конф. (13 – 14 июня 2014 г.) / науч. ред. С. А. Ваксман. – Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2014. – С. 250-261.

2. Рейцен Є. О. Організація і безпека міського руху: навчальний посібник / Є. О. Рейцен. – К.: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2014. – 454 с.

3. Горбачёв, П. Ф. Модель выбора маршрута велосипедного транспорта с целью минимизации времени в пути / П. Ф. Горбачёв, Е. С. Токмиленко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: Сб. науч. тр./ глав. ред. В. А. Богомолов. – Харьков: ХНАДУ, 2013. – Вып. 61-62. – С. 218-222.

4. Литвиненко Т. П. Принципи включення велосипедного руху у вулично-дорожню мережу населеного пункту / Т. П. Литвиненко, Л. В. Смілянець // Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник/ відпов. ред. М. М. Осетрін. – Київ: КНУБА, 2012. – Вип. 45, ч. 3. – С. 67 – 72.

5. Teletov A. S. Bicycle transport as an object of ecological marketing and innovations in urban transportations / O. S. Teletov, Y. M. Petrushenko, V. O. Bilenco // Маркетинг і менеджмент інновацій: Наук. журн./ головний ред. С. М. Ілляшенко. – Суми: «ВТД «Університетська книга», 2016. – № 3. – С. 283-292.

6. Dill J. Factors Affecting Bicycling Demand / J. Dill, K. Voros // *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. – Washington D.C.: Transportation Research Board of the National Academies, 2007. – No. 2031. – pp. 9-17.
7. Dill J. Bicycle Commuting and Facilities in Major US Cities / J. Dill, T. Carr // *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. – Washington D.C.: Transportation Research Board of the National Academies, 2003. – No. 1828. – pp. 116-123.
8. Hunt J. D. Influences on Bicycle Use / J. D. Hunt, J. E. Abraham // *Transportation: Planning, Policy, Research, Practice*. – New York: Springer US, 2007. – Vol. 34, No. 4. – pp. 453-470.
9. Sener I. N. An Analysis of Bicyclists and Bicycling Characteristics: Who, Why, and How Much are they Bicycling? / I. N. Sener, N. Eluru, C. R. Bhat // *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. – Washington D.C.: Transportation Research Board of the National Academies, 2009. – No. 2134. – pp. 63-72.
10. Rford N. Space Syntax: The Role of Urban Form in Cyclist Route Choice in Central London / N. Rford, A. J. Chiaradia, J. Gil // *Transportation Research Board: Proceedings 86th Annual Meeting (21-25 January 2007)*. – Washington D.C.: Transportation Research Board, 2007. – pp. 1-18.
11. *Bicycling and Walking in the United States: 2016 Benchmarking Report* / [Project Manager Andrea Milne]. – Washington, D.C.: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2016. – 194 p.

Аннотация

Выявлен и изучен характер взаимосвязей между основными градостроительными факторами и характеристиками велосипедного движения. Выполнен градостроительный анализ выявленных зависимостей.

Ключевые слова: градостроительные факторы, велосипедное движение, плотность и структура сети велосипедных путей, количество поездок на велосипеде, показатели смертности велосипедистов в дорожно-транспортных происшествиях.

Annotation

The nature of relationships between major urban development factors and cycling characteristics has been discovered and researched. Urban analysis of relationships revealed has been completed.

Keywords: urban factors, cycling, density and structure of the network of bicycle paths, the number of trips by bicycle, cyclist's mortality in traffic accidents.