

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

ТОЛОК ОЛЕКСАНДР В'ЯЧЕСЛАВОВИЧ

УДК 711.73.(656.13.)

**МІСТОБУДІВНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ МІСЬКОГО РУХУ
НА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНІЙ МЕРЕЖІ
(на прикладі міст Донецької області)**

05.23.20 – Містобудування та територіальне планування

**АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Київ–2009

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Київському національному університеті будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент,
Рейцен Євген Олександрович,
Київський національний університет будівництва і архітектури, професор кафедри міського будівництва.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,
Клюшниченко Євген Єлисейович,
Київський національний університет будівництва і архітектури, завідувач кафедри міського господарства;

кандидат технічних наук,
Шаповалов Едуард Володимирович,
Український державний науково дослідний інститут
«Діпромісто», начальник інженерно – планувального
відділу.

Захист відбудеться «__» _____ 2009 р. о _____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.056.09 у Київському національному університеті будівництва і архітектури за адресою: м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31, аудиторія 319.

З дисертацією можна ознайомитися в науково-технічній бібліотеці Київського національного університету будівництва і архітектури за адресою: м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31.

Автореферат розісланий «__» _____ 2009 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
к.т.н., доцент

О.П. Ісаєв

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Стрімке зростання рівня автомобілізації населення в містах, а з ним і значне підвищення величини інтенсивності руху транспорту (ІРТ), невідповідність вулично-дорожньої мережі (ВДМ) в містах вимогам сучасного транспорту, створюють передумови для збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП) і їхніх жертв. В зв'язку з цим проблема забезпечення безпеки міського руху (БМР) на ВДМ набуває особливо важливого значення, і її вирішення стає одним з невідкладних завдань містобудівників.

Проблему забезпечення БМР на ВДМ до деякого часу вдавалося вирішувати шляхом застосування традиційних методів регулювання і організації міського руху, як-то регулювання руху за допомогою знаків і світлофорів на окремих перехрестях або магістралях. Але на сьогоднішній день цей напрямок вже не дає достатнього ефекту. Для суттєвого зниження аварійності в містах необхідний перехід від практики використання методів регулювання дорожнього руху до вирішення проблеми БМР на ВДМ шляхом застосування відповідних містобудівних методів.

Містобудівні методи підвищення БМР на ВДМ є засобами стратегічного планування забезпечення безпеки руху в містах й реалізуються у вигляді принципів технічних рішень. Для реалізації більшості цих рішень необхідні значні фінансові ресурси, відповідальність за ефективне використання яких вимагає глибокого пророблення й обґрунтування доцільності застосування відповідних містобудівних методів підвищення БМР на ВДМ.

Однак на сьогоднішній момент для такого обґрунтування проектувальники не мають у своєму розпорядженні достатньо проробленого теоретичного й методичного забезпечення. Тому ухвалення рішення про доцільність застосування того або іншого містобудівного методу підвищення БМР на ВДМ нерідко здійснюється без відповідного наукового та економічного обґрунтування. При цьому посилаються на існуючий вітчизняний і закордонний досвід забезпечення БМР на ВДМ. Некритичний підхід до даного питання часто призводить до спроб штучного впровадження містобудівних методів підвищення БМР на ВДМ навіть у тих випадках, коли в цьому немає ніякої необхідності, і відсутні можливості для їхнього здійснення. Тому, щоб не ставити проблему підвищення БМР на ВДМ в залежність від думки, досвіду й професійного чуття проектувальника, необхідна розробка модельного й алгоритмічного забезпечення розрахунків, на основі яких можна було б приймати науково і економічно обґрунтовані рішення про доцільність використання тих або інших містобудівних методів підвищення БМР на ВДМ.

У своїй роботі автор спирається на праці вітчизняних та закордонних науковців, які мають безпосереднє відношення до предмету дослідження, а саме з питань містобудівного проектування – А.А. Агасьянца, С.А. Ваксмана, Ф.Г. Гліка, Г.А. Гольца, М.М. Дьоміна, Є.Є. Ключниченко, Л.І. Свердліна, А.В. Сигаєва, Ю.О. Ставничого, А.Є. Страментова, О.І. Стрельникова, М.М. Христюка, Е.В. Шаповалова, В.Л. Швеца, А.М. Якшина, з питань організації і безпеки міського руху – О.А. Білятинського, П.Г. Буги, Е.М. Лобанова, А.А. Полякова, Х.Б. Рейхова, Є.О. Рейцена, Д.С. Самойлова, М.С. Фішельсона, Я.В. Хомяка, В.В. Шештокаса, Ю.Д. Шелкова.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційне дослідження безпосередньо пов'язане з реалізацією «Державної програми

забезпечення безпеки дорожнього руху на автомобільних дорогах, вулицях міст, інших населених пунктів і залізничних переїздах на 2003 – 2007 роки» (розпорядження Кабінету Міністрів України № 56-р від 29 січня 2003 р.), розробкою нормативів з проектування комплексних схем організації дорожнього руху (КСОДР), розробкою «Програми підвищення безпеки дорожнього руху в Донецькій області на 2009 – 2012 роки».

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційного дослідження є удосконалення існуючого й розробка нового методичного забезпечення прийняття рішень про доцільність застосування містобудівних методів підвищення безпеки міського руху на вулично-дорожній мережі на різних етапах містобудівного проектування з використанням методів математичного моделювання.

На досягнення цієї мети направлене вирішення наступних *задач*:

1. Аналіз сучасного стану проблеми безпеки міського руху на ВДМ і методів її вирішення.
2. Проведення експериментальних і теоретичних досліджень стану безпеки руху в містах.
3. Моделювання стану безпеки руху в містах і розподілу ДТП на ВДМ.
4. Розробка і формалізація процедури обґрунтування доцільності застосування містобудівних методів підвищення безпеки міського руху на ВДМ на стадії проектування комплексної схеми організації дорожнього руху (КСОДР).

Об'єкт дослідження – міський рух на вулично-дорожній мережі.

Предмет дослідження – містобудівні методи підвищення безпеки міського руху на вулично-дорожній мережі.

Методи дослідження. Робота базується на аналізі теоретичних і практичних розробок в області містобудування та територіального планування, проектування, будівництва й функціонування ВДМ та організації міського руху по ній. При виконанні роботи використовувалися апарат математичної статистики, кореляційно-регресійний аналіз, кластерний аналіз, проектний аналіз.

Інформаційною базою дисертації є генеральні плани, комплексні схеми транспорту і проекти з організації дорожнього руху, що розроблені для міст Донецької області, статистичні дані про ДТП, матеріали натурних обстежень інтенсивності транспортних і пішохідних потоків.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в розвитку теоретичних засад обґрунтування доцільності застосування містобудівних методів підвищення безпеки міського руху на вулично-дорожній мережі. А саме:

1. Розроблені багатofакторні математичні моделі оцінки стану безпеки руху в містах, які на відміну від існуючих моделей дозволяють науково обґрунтувати принципові рішення з підвищення БМР в цілому для міста за широким колом показників, що характеризують розпланування ВДМ, рівень автомобілізації і демографічну ситуацію в місті з урахуванням взаємодії цих показників між собою.
2. Виявлені закономірності впливу величини інтенсивності руху транспорту на безпеку руху на нерегульованих перехрестях з урахуванням геометричної схеми перехрестя і кількості смуг руху по головному і другорядному напрямках.
3. Розроблено принципово новий науковий підхід до дослідження розподілу ДТП на ВДМ, що полягає у виділенні на ВДМ небезпечних для руху зон.

4. Подальшого розвитку дістала методологія проектування КСОДР, в складі якої вперше розроблено і формалізовано процедуру обґрунтування доцільності застосування містобудівних методів підвищення БМР на ВДМ.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати дисертаційного дослідження надають можливість:

- при проектуванні генерального плану міста: оцінити існуючий стан безпеки руху в місті; оцінити альтернативні варіанти розвитку міста за показниками безпеки руху і вибрати найкращий з них; науково обґрунтувати з позицій безпеки руху принципові рішення з розвитку ВДМ міста і регулюванню рівня автомобілізації населення;

- при проектуванні КСОДР: науково і економічно обґрунтовано приймати рішення про доцільність застосування містобудівних методів організації дорожнього руху (ОДР) для підвищення безпеки міського руху на ВДМ; науково і економічно обґрунтовано встановлювати оптимальний порядок реалізації заходів, що запропоновані в КСОДР.

Результати досліджень використовувались при розробці «Програми підвищення безпеки дорожнього руху в Донецькій області на 2009 – 2012 роки», схем організації дорожнього руху в містах Донецьку, Макіївці, Маріуполі та Артемівську, а також впроваджені в практичну діяльність підрозділів ДАІ ГУМВС в Донецькій області.

Особистий внесок здобувача. В роботі [1] сформульовані базові принципи підвищення безпеки руху в містах містобудівними методами, розроблена класифікація містобудівних факторів, що впливають на БМР на ВДМ; у [3] – запропоновані відносні показники оцінки безпеки руху в містах, проведено об'єднання міст Донецької області у кластери за показниками безпеки руху, розроблено метод комплексної оцінки стану безпеки руху в місті; у [4] – розроблено метод дослідження впливу містобудівних факторів на безпеку руху в містах, отримані багатофакторні математичні моделі оцінки стану безпеки руху в містах; у [6] - встановлені закономірності між величиною ІРТ та кількістю ДТП на нерегульованих перехрестях з урахуванням геометричної схеми перехрестя і кількості смуг руху по головному і другорядному напрямках; у [7] – запропоновано методіку моделювання розподілу ДТП на ВДМ міста; у [9] – запропоновано показник оцінки відносної небезпеки ділянки ВДМ.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дослідження доповідалися на науково-практичних конференціях у Київському національному університеті будівництва і архітектури (66-й – 2005 р., 67-й – 2006 р., 69-й – 2008 р.) та опубліковані у матеріалах П'ятої Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Актуальні проблеми сучасної науки» (м. Київ, 2008 р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 11 робіт, з них 10 статей у наукових виданнях, визначених ВАК України, та 1 теза доповіді.

Обсяг і структура роботи. Дисертація містить: вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел в кількості 146 найменувань, додатки. Нараховує 135 сторінок основного тексту, 55 рисунків, 24 таблиці. Загальний обсяг роботи – 198 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі обґрунтована актуальність теми, визначені мета та задачі дослідження. Розглянуто зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Відображено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі «Сучасний стан проблеми безпеки міського руху на вулично-дорожній мережі і методи її вирішення» проведено порівняльний аналіз показників аварійності в містах України й розвинутих країнах світу, проаналізовано досвід містобудівного забезпечення безпеки міського руху на ВДМ, окреслені основні проблеми обґрунтування доцільності застосування містобудівних методів підвищення БМР на ВДМ.

В результаті аналізу стану аварійності в Україні встановлено, що за абсолютними показниками аварійності серед регіонів України найгірша ситуація склалася в Донецькій області (ДО). Концентрація ДТП на одиницю території в ДО в 2,1 рази вища, ніж у цілому в Україні. Динаміка зростання показників аварійності в ДО вища, ніж у цілому в Україні. 78,9 % ДТП в області скоєно в містах, що є також найвищим показником серед областей України. Тому проблема БМР на ВДМ в ДО набуває особливої гостроти. Саме це обумовило те, що подальші дослідження проводилися на прикладі міст ДО.

В дисертації систематизовано основні принципи і напрямки містобудівного забезпечення безпеки міського руху на ВДМ та типові методи їх реалізації (рис. 1). Доведено, що обґрунтування доцільності застосування містобудівних методів підвищення БМР на ВДМ повинно бути елементом містобудівного проектування, що дозволить поставити вирішення проблеми безпеки руху в містах на системну основу.



Рис. 1. Основні напрямки містобудівного забезпечення безпеки міського руху на вулично-дорожній мережі та типові методи їх реалізації

На основі аналізу нормативів, що регламентують розробку містобудівної документації в Україні, встановлено, що проблема БМР на ВДМ повинна вирішуватися при розробці: генерального плану міста (ГПМ), комплексної схеми транспорту (КСТ), КСОДР, схеми організації руху транспорту і пішоходів в складі детального плану території, проекту організації дорожнього руху і розділу ОДР в проекті забудови територій. На кожному з цих етапів питання БМР повинні бути ув'язані із цільовою настановою цього етапу, використовуватися відповідна система показників БМР і відповідні методи оцінки, прогнозування й підвищення безпеки руху. В Україні ці питання розроблені недостатньо чітко.

В дисертації запропоновано схему вирішення проблеми БМР на ВДМ при містобудівному проектуванні і визначені обсяги робіт з безпеки руху на кожному з етапів містобудівного проектування, що входять до схеми. Для забезпечення можливості вирішення проблеми БМР на ВДМ при містобудівному проектуванні необхідно: на стадії проектування ГПМ - запропонувати показники оцінки існуючого і прогнозованого стану безпеки руху в місті, розробити моделі, що дозволять спрогнозувати значення показників оцінки безпеки руху в місті при різних альтернативних варіантах ГПМ; на стадії проектування КСТ і КСОДР – розробити і формалізувати процедуру обґрунтування доцільності застосування містобудівних методів ОДР для підвищення БМР на ВДМ.

У другому розділі «**Експериментальні і теоретичні дослідження безпеки руху в містах Донецької області**» досліджено стан безпеки руху і зв'язок містобудівних факторів з показниками аварійності в містах Донецької області.

На основі аналізу наукових публікацій запропоновані відносні показники для оцінки стану безпеки руху (БР) в місті: кількість ДТП в розрахунку на 1000 легкових автомобілів, що зареєстровані у місті (Y_1 , *ДТП/1000 легк.авт.*); кількість ДТП в розрахунку на 10000 жителів міста (Y_2 , *ДТП/10000 жит.*); кількість ДТП в розрахунку на 100 км ВДМ міста (Y_3 , *ДТП/100 км*). Жоден з цих показників аварійності не є визначальним з погляду оцінки й порівняння безпеки руху в містах. Тому в дисертації розроблено метод комплексної оцінки стану безпеки руху в місті. Для цього використано метод ідеальної точки, який орієнтований на розв'язання багатокритерійних задач в умовах рівної значущості критеріїв вибору.

Розроблений метод комплексної кількісної оцінки стану БР в місті можна застосовувати: для порівняння міст за умовами безпеки руху, при дослідженні динаміки зміни стану БР в окремому місті та для оцінки альтернативних варіантів розвитку міста з позицій БР при розробці ГП міст. В останньому випадку необхідно вміти прогнозувати стан БР за показниками Y_1 , Y_2 , Y_3 залежно від містобудівної ситуації (розпланування міста, щільність ВДМ тощо).

З застосуванням кореляційного і кластерного аналізу досліджено і встановлено тісноту зв'язку між показниками аварійності та показниками містобудівних факторів. Зроблено висновок, що стан БР в містах формується під дією великої кількості містобудівних факторів, кожний з яких окремо не робить на неї вирішального впливу. Дія одних факторів може замінятися й спотворюватися іншими факторами. Тому для прогнозування стану БР в містах необхідна розробка багатофакторних моделей, які б ураховували спільний вплив цих факторів і їхню

взаємодію між собою.

Дослідження розподілу ДТП на ВДМ в містах Донецької області показало, що на ВДМ утворюються зони скупчення місць концентрації ДТП, причому останнім часом спостерігається тенденція до розширення границь і злиття таких зон. Очевидно, що в цьому випадку застосування існуючого локального підходу до аналізу розподілу ДТП на ВДМ і підвищенню БМР, суть якого полягає у виділенні на ВДМ місць концентрації ДТП, дослідженні причин ДТП у місцях концентрації ДТП і розробці локальних заходів для усунення цих причин, не дасть потрібного результату. З метою істотного підвищення БМР необхідний новий підхід до аналізу розподілу ДТП на ВДМ, який повинен полягати в виділенні на ВДМ небезпечних для руху зон, виявленні причин аварійності й прийнятті рішень з підвищення БМР в цих зонах. Основою підвищення БМР в небезпечних для руху зонах ВДМ повинне стати впровадження відповідних сітьових містобудівних методів ОДР.

В результаті проведеного в дисертації дослідження впливу характеристик міського руху й розпланування ділянок ВДМ на безпеку руху по них доведено, що величина інтенсивності руху транспорту й пішоходів, схема ОДР впливають на БМР, однак ступінь цього впливу обумовлений й проявляється тільки в конкретних планувальних умовах. Тому при моделюванні розподілу ДТП на ВДМ виникає необхідність у врахуванні розпланування кожної з ділянок ВДМ.

Виявлені закономірності впливу величини інтенсивності руху транспорту на безпеку руху на нерегульованих перехрестях з урахуванням геометричної схеми перехрестя і кількості смуг руху по головному і другорядному напрямкам:

- на нерегульованих перехрещеннях з чотирма смугами руху по головному напрямку і двома по другорядному:

$$Y = 0,0045N^3 - 0,1354N^2 + 1,3943N - 4,1 ; \quad (1)$$

де Y – середньорічна кількість ДТП;

N – середньодобова річна ІРТ на перехрещенні, тис. авт. / добу;

- на нерегульованих перехрещеннях з двома смугами руху по головному напрямку і двома по другорядному:

$$Y = 0,0075N^3 - 0,1778N^2 + 1,4372N - 3,5 ; \quad (2)$$

- на нерегульованих примиканнях:

$$Y = 0,0027N^3 - 0,0786N^2 + 1,7437N - 1,7 . \quad (3)$$

В результаті аналізу виявлених закономірностей впливу величини ІРТ на безпеку руху на нерегульованих перехрестях висунута гіпотеза, що кожним конкретним планувальним умовам на ділянці ВДМ з реалізованою в цих умовах конкретною схемою ОДР відповідає певне значення критичної ІРТ, перевищення якої призводить до різкого зростання аварійності. Тому основне завдання при плануванні безпеки руху в місті полягає в тому, щоб величина ІРТ на кожній з ділянок ВДМ не перевищувала критичну.

У третьому розділі «**Моделювання стану безпеки руху в містах**» розроблено багатofакторні математичні моделі оцінки стану безпеки руху в містах і методику моделювання розподілу ДТП на ВДМ.

З використанням розробленої нами методики моделювання стану БР в містах, що полягає у введенні частинних коефіцієнтів стану БР, які враховують вплив кожного окремого показника на стан БР в місті, і множинного регресійного аналізу для міст ДО отримані багатofакторні математичні моделі оцінки стану БР. Остаточний вигляд їх такий:

$$Y_1 = 13,42 + 0,001 \left(\frac{A}{N} - 122,5 \right)^2 - 0,93 \left(\frac{N}{S} - 1,88 \right)^2 + 0,0025 \frac{A}{nL} \left[0,036 \frac{A}{N} + \left(\frac{N}{S} - 1,91 \right)^2 \right] -$$

$$- 0,042 \frac{A}{S} \left(1 - 0,26 \frac{N}{S} \right) - 50,2 * 10^{-6} (S - 172,4)^2 - 31,6 \left(\frac{S}{l^2} - 0,67 \right)^2 + 2309 \left(\frac{S_{ВДМ}}{S} - 0,011 \right)^2 - \quad (4)$$

$$- 51329 \left(\frac{S_{ТП}}{S} - 0,011 \right)^2 - 1,3 * 10^{-4} \left(\frac{A}{nL} - 181,9 \right)^2 + 1,24 * 10^{-6} \frac{A^3}{NnL} \left(\frac{1}{nL} - 1,92 \frac{1}{N} \right), \frac{ДТП}{1000 \text{ легк.авт.}},$$

$$Y_2 = 8,05 + 0,43 \left(\frac{N}{S} - 1,86 \right)^2 + 2,87 * 10^{-4} \left(\frac{A}{nL} - 91,7 \right)^2 - 49000 \left(\frac{S_{ВДМ}}{L} - 0,014 \right)^2 -$$

$$- 15960 \left(\frac{S_{ТП}}{S} - 0,012 \right)^2, \frac{ДТП}{10000 \text{ жит.}}, \quad (5)$$

$$Y_3 = 313,04 \cdot \left(\frac{N}{S} \right)^{0,73} \cdot \left(\frac{A}{nL} \right)^{0,18} \cdot \left(\frac{S_{ВДМ}}{S} \right)^{-0,67} \cdot \left(\frac{S_{ВДМ}}{L} \right)^{1,14} \cdot \left(\frac{S_{ТП}}{S} \right)^{0,06}, \frac{ДТП}{100 \text{ км ВДМ.}}, \quad (6)$$

де N – чисельність населення міста, тис. жит.;

A – кількість зареєстрованих у місті легкових автомобілів, од.;

n – частка легкових автомобілів від загального парку автомобілів у місті;

S – площа території міста, км²;

l – довжина найбільшої осі міста, км;

L – довжина вулиць і доріг з удосконаленим покриттям, км;

$S_{ВДМ}$ – площа вулиць і доріг з удосконаленим покриттям, км²;

$S_{ТП}$ – площа пішохідних доріжок і тротуарів, км².

Адекватність математичних моделей установлювали за коефіцієнтом множинної детермінації (R^2) і коефіцієнтом апроксимації ($MAPE$): для моделі (4) - $R^2=0,65$, $MAPE=13,6$ %; для моделі (5) - $R^2=0,5$, $MAPE=13,1$ %; для моделі (6) - $R^2=0,81$, $MAPE=15,8$ %.

Розроблені математичні моделі забезпечують необхідну наукову основу для прийняття принципів рішень з підвищення безпеки руху в цілому для міста. Але стан БР істотно відрізняється в різних районах міста. Тому для обґрунтування доцільності застосування конкретних методів підвищення БМР на ВДМ, необхідно вміти моделювати розподіл ДТП на ВДМ міста.

В результаті проведеного аналізу наукових публікацій виділено три основних підходи до моделювання ДТП на ділянках ВДМ: інформаційний, факторний і метод конфліктних ситуацій. Найбільш перспективним для моделювання розподілу ДТП

на ВДМ при обґрунтуванні застосування містобудівних методів ОДР є метод конфліктних ситуацій, використання якого дозволяє одержати статистично значущі результати при порівняно невеликому обсязі й тривалості експериментальних досліджень.

З урахуванням того, що практично всі ДТП є наслідком порушення правил дорожнього руху (ПДР) учасниками міського руху, проф. Рейцен Є.О. запропонував розуміти під конфліктною ситуацією (КС) порушення ПДР. Наприклад, до КС, пов'язаних з водієм, можна віднести: порушення правил проїзду перехресть, перевищення швидкості руху, перетинання осевої лінії, недотримання дистанції. Конфліктні ситуації, пов'язані з пішоходами, можуть бути такі: перехід проїзної частини в невстановленому місці або перехід на заборонний сигнал світлофора, несподіваний вихід на проїзну частину із-за транспортного засобу, що стоїть, тощо.

Кожному ДТП (або більшій їхній частині) передують одна із зазначених КС, що за певних умов переростає в ДТП. Тоді рівняння ризику руху по ділянці ВДМ буде таким:

$$P = \frac{D}{N} = \frac{D}{K} \cdot \frac{K}{N} = \frac{D}{K} \cdot K, \quad (7)$$

де K - кількість КС певного типу;

N – величина інтенсивності руху транспортних засобів;

D - кількість ДТП, до яких призводять КС даного типу.

Відношення $\frac{D}{K}$ для даної ділянки ВДМ із певним ступенем наближення є величина постійна, що відповідає ймовірності переростання КС даного типу в ДТП, і залежить від розпланування ділянки ВДМ. Таким чином, ризик виникнення ДТП визначається частотою виникнення КС, рівної $\frac{K}{N}$, котру можна вважати мірою безпеки руху. Саме останнє поняття дозволило підійти до питання прогнозування розподілу ДТП на ВДМ міста.

Якщо P_1 – ризик руху ділянкою ВДМ при існуючому стані, P_2 – ризик руху ділянкою ВДМ при стані, що моделюється, і $\frac{D}{K}$ для даної ділянки ВДМ є величина постійна, рівна C , то кількість ДТП при існуючому стані (D_1) і при стані, що моделюється (D_2), визначається як:

$$D_1 = P_1 \cdot N_1 = \frac{C \cdot K_1}{N_1} \cdot N_1 = C \cdot K_1, \quad D_2 = P_2 \cdot N_2 = \frac{C \cdot K_2}{N_2} \cdot N_2 = C \cdot K_2, \quad (8)$$

де K_1, K_2 – кількість КС на ділянці ВДМ відповідно при існуючому стані і при стані, що моделюється;

N_1, N_2 - величина ІРТ відповідно при існуючому стані й при стані, що моделюється.

Нами запропоновано наступний взаємозв'язок між D_1 і D_2 :

$$D_2 = a \cdot D_1; \quad a = \frac{D_2}{D_1} = \frac{C \cdot K_2}{C \cdot K_1} = \frac{K_2}{K_1}. \quad (9)$$

Для кожної ділянки ВДМ необхідно встановити залежність між кількістю КС даного типу, що виникають при русі ділянкою ВДМ, й величиною ІРТ - $K = f(N)$. Тоді при величині ІРТ N_1 - $K_1 = f(N_1)$, а при N_2 - $K_2 = f(N_2)$. З урахуванням цього кількість ДТП, що моделюється, визначається так:

$$D_2 = \frac{K_2}{K_1} \cdot D_1 = \frac{f(N_2)}{f(N_1)} D_1 \quad (10)$$

Загальна кількість ДТП на ділянці ВДМ визначається як сума ДТП, розрахованих для кожного типу КС.

При моделюванні розподілу ДТП на ВДМ необхідно мати відомості про ІРТ на ділянках ВДМ, величину якої також необхідно вміти моделювати залежно від містобудівної ситуації. З цією метою на кафедрі МБ КНУБА розроблено методику розбивки території міста на окремі підрайони з мінімумом зовнішніх зв'язків, на яких задаються величини вхідних потоків транспорту в підрайон, де вони розподіляються.

У четвертому розділі «**Розробка процедури обґрунтування застосування містобудівних методів організації дорожнього руху**» розроблено і формалізовано процедуру обґрунтування доцільності застосування містобудівних методів ОДР для підвищення БМР на ВДМ при проектуванні КСОДР.

Процедуру побудовано за модульним принципом (рис. 2). Для кожного модуля запропоновано систему методик, що вирішує відповідні цьому модулю завдання.

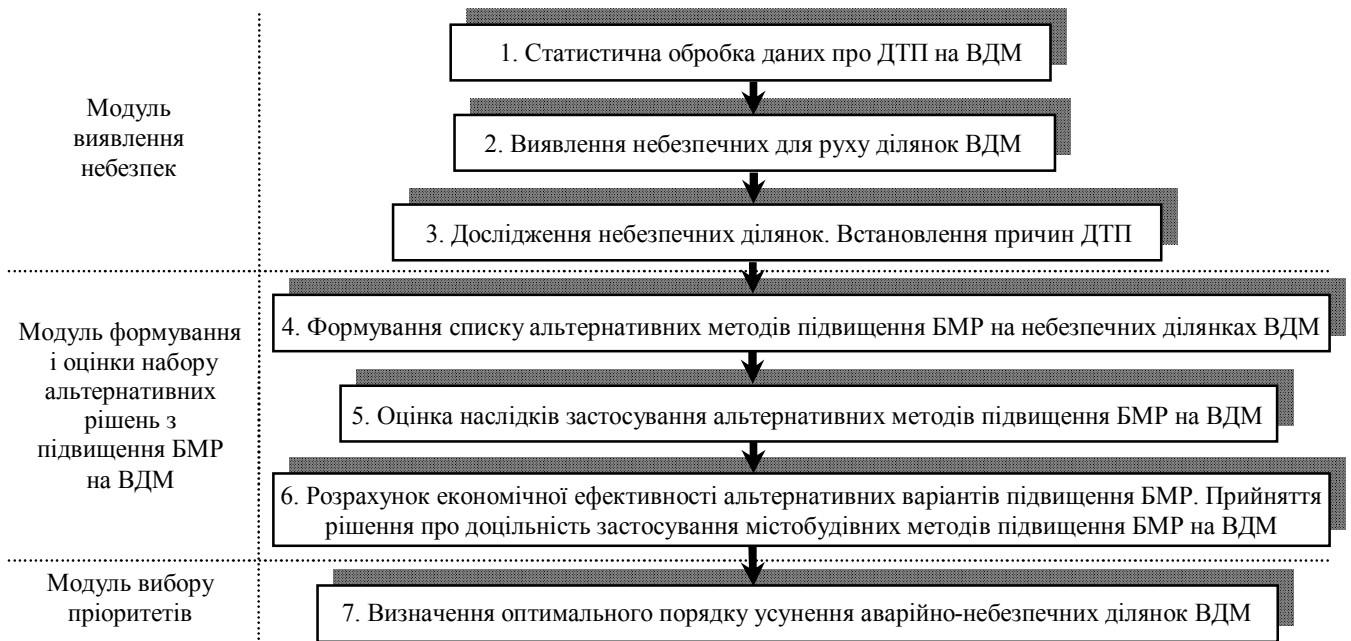


Рис. 2. Процедура обґрунтування застосування містобудівних методів ОДР для підвищення безпеки міського руху на ВДМ при проектуванні КСОДР

В основу розробленої процедури покладено принципово новий підхід, який полягає в виділенні на ВДМ небезпечних для руху зон. В складі цього підходу для наукового і практичного застосування нами введені поняття:

- окрема ділянка ВДМ - перехрестя, перегін або його частина довжиною не менш 50 м;

- небезпечна для руху окрема ділянка ВДМ міста (району міста) (НОД) - це окрема ділянка ВДМ, на якій величина поверхневої щільності ДТП статистично значимо відрізняється від величини поверхневої щільності ДТП у цілому на ВДМ міста (району міста);

- небезпечна для руху зона ВДМ міста (району міста) (НЗ) - це частина ВДМ, яка включає в себе як мінімум дві окремих ділянки ВДМ і на якій величина поверхневої щільності ДТП статистично значимо відрізняється від величини поверхневої щільності ДТП у цілому на ВДМ міста (району міста).

Для підвищення безпеки руху в НЗ ВДМ можна застосовувати містобудівні методи ОДР і корінну реконструкцію ВДМ у зоні й прилягаючих до неї ділянок. Для підвищення безпеки руху в НОД ВДМ необхідно використовувати методи регулювання дорожнього руху й локальні планувально-реконструктивні заходи.

У дисертації розроблено методику виявлення на ВДМ міста небезпечних для руху зон із встановленням їх меж, яка дозволяє виявити на ВДМ як НЗ, так і НОД (рис. 3).

Побудовані номограми, за допомогою яких можна визначити небезпеку ділянок (зон) ВДМ. На рис. 4 наведений приклад такої номограми, що побудована при довірчій імовірності 0,05, де кожна крива відповідає певній середній поверхневій щільності ДТП у цілому для міста (ρ).

Порядок користування номограмою наступний. По горизонтальній осі відкладаємо площу ділянки ВДМ, що досліджується, а по вертикальній – фактичну кількість ДТП на цій ділянці. Якщо крапка пересічення цих ліній потрапила вище кривої з відповідною ρ (ці значення показані на кривих), то дана ділянка ВДМ є небезпечною.

Розроблену методику можливо використовувати як для аналізу розподілу на ВДМ всіх ДТП, так і окремих їх груп (наприклад, наїздів на пішоходів чи ДТП, що скоєні у нічний час), як для міста в цілому, так і для якого-небудь району міста.

Для вибору найбільш небезпечних ділянок ВДМ (надалі при використанні терміна небезпечні ділянки ми будемо мати на увазі всі НОД і НЗ ВДМ), що підлягають подальшому опрацюванню в КСОДР, в дисертації запропоновано відносний показник безпеки руху на окремій ділянці ВДМ, який, на відміну від більшості існуючих відносних показників ДТП, можливо застосовувати для визначення відносної безпеки руху як на перегонах, так і на перехрестях:

$$Y = \frac{S \cdot Z}{365 \cdot N \cdot L^2}, \quad (11)$$

де L і S – відповідно довжина і загальна площа окремої ділянки ВДМ; на перехрестях у межі перехрестя необхідно включати підходи довжиною 25 м;

Z - середньорічна кількість ДТП на окремій ділянці ВДМ;

N – величина середньодобової річної ІРТ, авт/добу; на перехресті визначається як сума величин середньодобових ІРТ (в фізичних одиницях), що входять на перехрестя з кожної з пересічних вулиць.

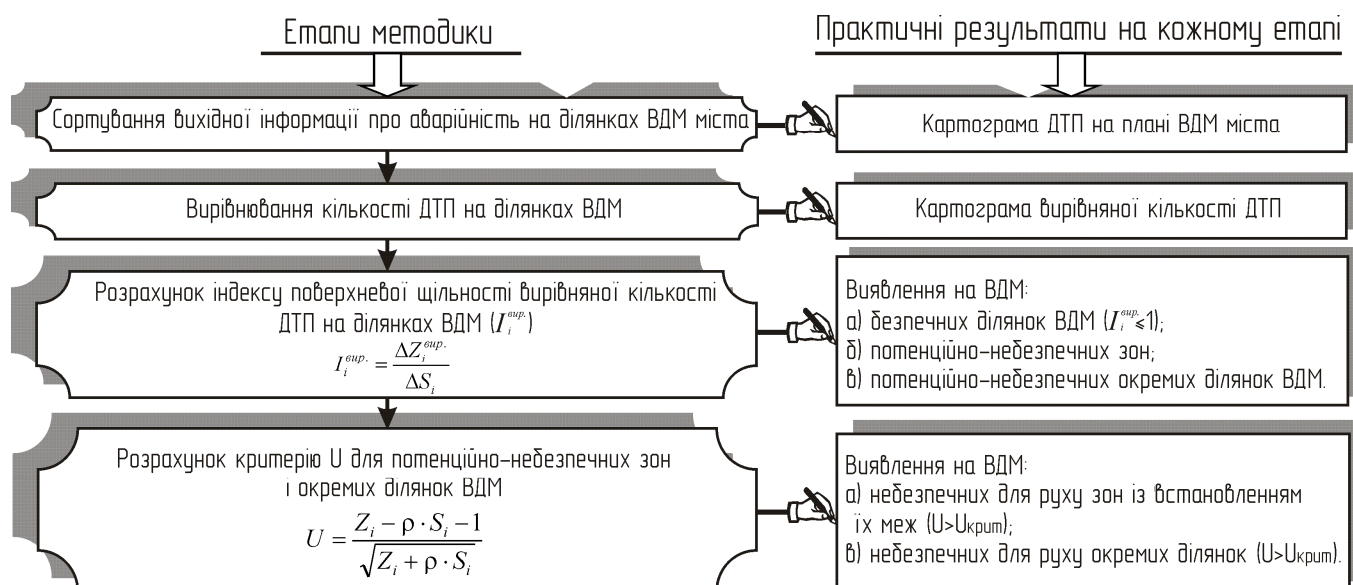


Рис. 3. Методика виявлення на ВДМ небезпечних для руху зон

ΔZ_i^{sup} - частка вирівняної кількості ДТП у %, яка припадає на і-ту окрему ділянку ВДМ, від сумарної вирівняної кількості ДТП на всіх ділянках ВДМ;

ΔS_i - частка площі ВДМ в %, що доводиться на і-ту ділянку ВДМ, від загальної площі ВДМ;

ρ - середня поверхнева щільність ДТП у цілому на ВДМ міста (району міста), $\frac{ДТП}{м^2}$;

Z_i – фактична кількість ДТП на і-тій окремій ділянці (зоні) ВДМ, для якої $I_i^{sup} > 1$;

S_i – площа і-тої окремої ділянки (зони) ВДМ, $м^2$;

$U_{крит}$ – критичне значення критерію, при однобічній критичній області й довірчій імовірності 0,05 $U_{крит} = 1,645$.

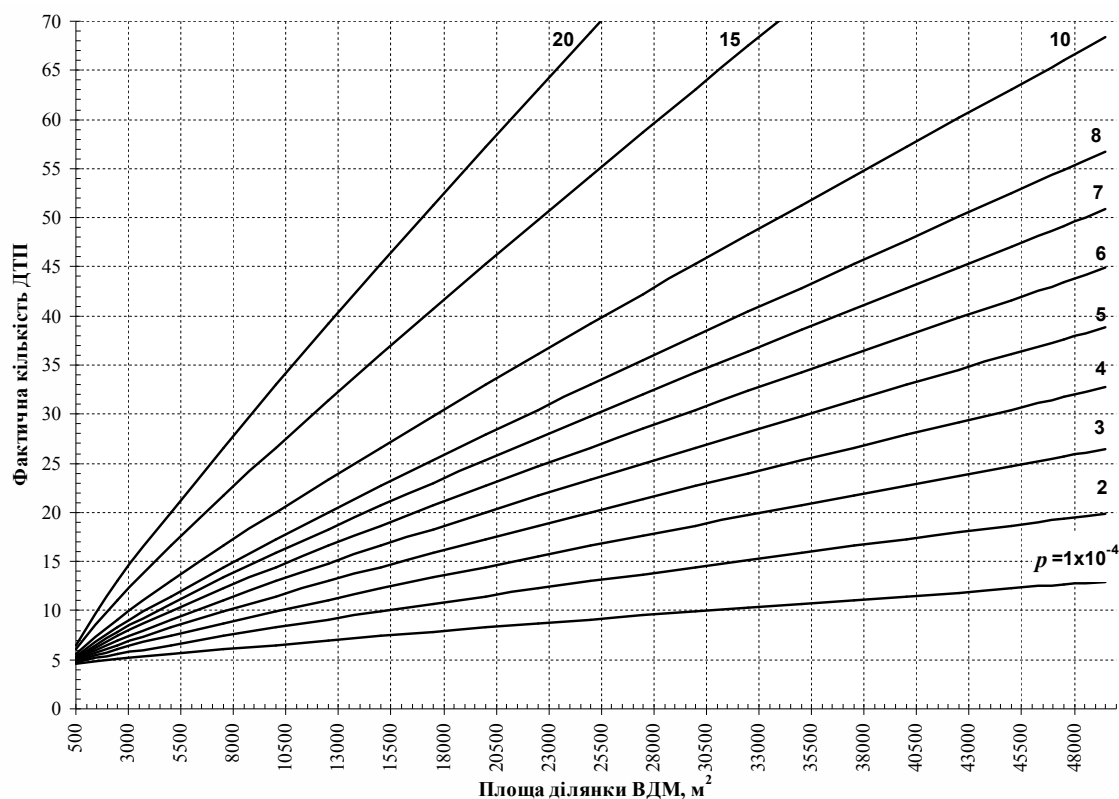


Рис. 4. Номограма для виділення на ВДМ ділянок (зон), що небезпечні для руху
 ρ – поверхнева щільність ДТП у цілому на ВДМ міста (району міста), $\frac{ДТП}{м^2}$

Оскільки відносна небезпека руху на перехрестях і перегонах визначається за однаковою формулою, то підсумовуючи всі показники відносної небезпеки на всіх перехрестях і перегонах, що входять у НЗ ВДМ, й беручи їх середньоарифметичне, одержимо формулу відносного показника небезпеки руху в НЗ ВДМ:

$$Y^{НЗ} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i^{\text{перехресть}} + \sum_{j=1}^m Y_j^{\text{перегон}}}{n+m}, \quad (12)$$

де n – кількість перехресть у НЗ ВДМ;

m – кількість перегонів у НЗ ВДМ.

У дисертації з використанням методу проектного аналізу розроблено методику визначення економічної ефективності застосування містобудівних методів ОДР на стадії проектування КСОДР. Кожен альтернативний варіант ОДР необхідно розглядати як інвестиційний проект, ефективність якого з позицій методології проектного аналізу встановлюється як різниця між ситуаціями «без проекту» і «із проектом». Подібний підхід не еквівалентний зіставленню ситуації «до» проекту ОДР із ситуацією «після» нього, що пропонується в ряді публікацій і нормативних документах, тому що порівняння положень «до» та «після» проекту не враховує зміни, що відбулися б при відсутності проекту, і таким чином веде до неточного підрахунку вигод і витрат щодо проекту.

Критеріями ефективності в розробленій методиці є показник чистої теперішньої цінності (NPV) і коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень (E). До реалізації мають рекомендуватися тільки ті проекти ОДР, які забезпечують $NPV \geq 0$ і $E \geq 0,15$. Якщо таких альтернативних проектів виявлено більше одного, то перевагу потрібно віддати проекту з більш високою NPV.

При існуючих реальних можливостях в місті, які не дозволяють одночасне й у найкоротший час впровадження у всіх небезпечних ділянках ВДМ всіх намічених заходів, необхідно визначити, у якій черговості реалізовувати намічені в КСОДР рішення по підвищенню БМР. В дисертації з використанням запропонованої нами методики моделювання розподілу ДТП на ВДМ розроблена методика визначення черговості реалізації намічених в КСОДР рішень, в якій як критерій визначення оптимального порядку усунення небезпечних ділянок ВДМ використовуються вигоди, які можливо одержати від реалізації всіх намічених у КСОДР рішень. Завдання полягає в тому, щоб так організувати черговість усунення небезпечних ділянок ВДМ, при якій була б отримана максимальна сума вигід від реалізації КСОДР.

В завершення дисертації визначені проблеми створення експертної системи з вирішення завдання підвищення безпеки міського руху на ВДМ, доведена необхідність створення стандартизованої міської транспортної інформаційної експертної системи і розроблені основні принципи створення останньої.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вирішене наукове завдання з розробки методичного забезпечення прийняття рішень про доцільність застосування містобудівних методів підвищення БМР на ВДМ на різних етапах містобудівного проектування.

1. Застосовано системний підхід до дослідження стану БР в містах, починаючи з міста в цілому до окремої ділянки ВДМ. В результаті цього дослідження:

- запропоновані відносні показники для оцінки стану БР в місті. Вперше розроблено метод комплексної оцінки БР в містах, який можна застосовувати як для оцінки існуючого стану БР в місті, так і для оцінки альтернативних варіантів розвитку міста з позицій БР при розробці генерального плану міста;

- розроблені багатofакторні математичні моделі оцінки стану БР в містах, які на відміну від існуючих моделей дозволяють науково обґрунтувати принципи рішення з підвищення БМР в цілому для міста по широкому колу показників, що характеризують розпланування ВДМ, рівень автомобілізації і демографічну ситуацію в місті з урахуванням взаємодії цих показників між собою. Розроблені моделі дозволяють спрогнозувати стан БР в місті при різних альтернативних варіантах розвитку міста на стадії розробки генерального плану міста;

- виявлені закономірності впливу величини інтенсивності руху транспорту на безпеку руху на нерегульованих перехрестях з урахуванням геометричної схеми перехрестя і кількості смуг руху по головному і другорядному напрямках;

- висунута гіпотеза, що кожним конкретним планувальним умовам на ділянці ВДМ з реалізованою в цих умовах конкретною схемою організації дорожнього руху відповідає певне значення критичної інтенсивності руху транспорту, перевищення якої призводить до різкого зростання аварійності.

2. Розроблено принципово новий підхід до дослідження розподілу ДТП на ВДМ, що полягає в виділенні на ВДМ небезпечних для руху зон. В складі цього підходу:

- дано визначення понять «небезпечна для руху окрема ділянка ВДМ» і «небезпечна для руху зона ВДМ»;

- розроблено методику виявлення на ВДМ небезпечних для руху зон із встановленням їх меж, яка дозволяє виявити на ВДМ як небезпечні для руху зони, так і небезпечні для руху окремі ділянки ВДМ;

- розроблено показник безпеки руху в небезпечній для руху зоні ВДМ.

3. Розроблено і формалізовано процедуру обґрунтування доцільності застосування містобудівних методів ОДР на стадії проектування КСОДР, в основу якої покладено новий підхід до дослідження розподілу ДТП на ВДМ. В складі цієї процедури:

- розроблено методику моделювання розподілу ДТП на ВДМ, основою якої є метод конфліктних ситуацій;

- розроблено методику визначення економічної ефективності застосування містобудівних методів ОДР на стадії проектування КСОДР. На відміну від існуючих методик, в яких зіставляється ситуація «до проекту» із ситуацією «після проекту», в розробленій методиці економічна ефективність проекту встановлюється як різниця між ситуаціями «без проекту» і «із проектом»;

- розроблено методику визначення черговості реалізації намічених в КСОДР

рішень. На відміну від існуючих методик, де черговість реалізації заходів з підвищення БМР на ВДМ встановлюється виходячи з рівня аварійності на небезпечних ділянках ВДМ, в розробленій методиці як критерій визначення оптимального порядку усунення небезпечних ділянок ВДМ використовується максимальна сума вигід, яку можна одержати від реалізації всіх намічених у КСОДР рішень.

4. Проведені в роботі дослідження показали необхідність подальшої розробки науково-дослідницьких робіт у напрямку створення стандартизованої міської транспортної інформаційної експертної системи.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Рейцен Е. А. Градостроительное проектирование - основа обеспечения безопасности движения / Е. А. Рейцен, А. В. Толоч // Містобудування та територіальне планування. – К. : КНУБА, 2005. - вип. 22. - С. 305-311.

2. Толоч О. В. Містобудівний аспект проблеми безпеки руху в Донецькій області / О. В. Толоч // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту : Науково-виробничий збірник / АДІ ДонНТУ. – 2007. - № 2 (5). – С. 42–50.

3. Толоч О. В. Порівняльний аналіз безпеки руху в містах / О. В. Толоч, Т. Є. Василенко, О. О. Закаблук // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту : Науково-виробничий збірник / АДІ ДонНТУ. – 2008. - № 1 (6). – С. 22–27.

4. Рейцен Е. А. Влияние градостроительных факторов на безопасность движения в городах Донецкой области / Е. А. Рейцен, А. В. Толоч // Коммунальное хозяйство городов. – К. : Техніка, 2007. - вып. 76. – С. 294 – 303.

5. Толоч О. В. Дослідження закономірностей руху транспорту в центральних районах міст Донецької області / О. В. Толоч // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту : Науково-виробничий збірник / АДІ ДонНТУ. – 2006. - № 2 (3). – С. 82–87.

6. Толоч О. В. До питання оцінки безпеки руху на нерегульованих перехрестях міських магістралей / О. В. Толоч, Н. О. Вітушкіна // Містобудування та територіальне планування. - К. : КНУБА, 2008. - вип. 29. - С. 373-380.

7. Рейцен Е. А. Моделирование дорожно-транспортных происшествий в городах / Рейцен Е. А., Толоч А. В. // Містобудування та територіальне планування. - К. : КНУБА, 2006. - вип. 23. - С. 232-238.

8. Толоч А. В. Пути повышения безопасности движения в городах / А. В. Толоч // Містобудування та територіальне планування. - К. : КНУБА, 2007. - вип. 28. - С. 319-324.

9. Толоч О. В. Визначення відносної небезпеки ділянки вулично-дорожньої мережі / О. В. Толоч, Є. О. Рейцен // Містобудування та територіальне планування. - К. : КНУБА, 2007. - вип. 27. - С. 284-293.

10. Толоч О. В. Проблеми створення експертної системи прийняття рішень по підвищенню безпеки руху в містах / О. В. Толоч // Містобудування та територіальне планування. - К. : КНУБА, 2008. - вип. 31. - С. 374-379.

11. Толоч О. В. Аналіз розподілу дорожньо-транспортних пригод по вулично-дорожній мережі міст / О. В. Толоч // Актуальні проблеми сучасної науки : матеріали П'ятої Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції - К. : ТК Меганом, 2008. – С. 52-53.

АНОТАЦІЯ

Толок О.В. Містобудівні методи підвищення безпеки міського руху на вулично-дорожній мережі (на прикладі міст Донецької області). – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.20 – Містобудування та територіальне планування. – Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, 2009 р.

Дисертація присвячена удосконаленню існуючого й розробці нового методичного забезпечення прийняття рішень про доцільність застосування містобудівних методів підвищення безпеки міського руху на вулично-дорожній мережі на різних етапах містобудівного проектування з використанням методів математичного моделювання.

Застосовано системний підхід до дослідження стану безпеки руху в містах. Розроблені багатофакторні математичні моделі оцінки стану безпеки руху в містах. Виявлені закономірності впливу величини інтенсивності руху транспорту на безпеку руху на нерегульованих перехрестях. Розроблено новий підхід до дослідження розподілу дорожньо-транспортних пригод на вулично-дорожній мережі, що полягає в виділенні на вулично-дорожній мережі небезпечних для руху зон. Розроблено і формалізовано процедуру обґрунтування доцільності застосування містобудівних методів підвищення безпеки міського руху на вулично-дорожній мережі на стадії проектування комплексної схеми організації дорожнього руху.

Ключові слова: містобудівне проектування, вулично-дорожня мережа, міський рух, дорожньо-транспортна пригода, містобудівний метод.

АННОТАЦИЯ

Толок А.В. Градостроительные методы повышения безопасности городского движения на улично-дорожной сети (на примере городов Донецкой области). – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.20. – Градостроительство и территориальное планирование. – Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев, 2009 г.

Диссертация посвящена усовершенствованию существующего и разработке нового методического обеспечения принятия решений о целесообразности применения градостроительных методов повышения безопасности городского движения на улично-дорожной сети на разных этапах градостроительного проектирования с использованием методов математического моделирования.

Применен системный подход к исследованию состояния безопасности движения в городах, начиная с города в целом до отдельного участка улично-дорожной сети. В результате этого исследования: получены многофакторные математические модели оценки состояния безопасности движения в городах; выявлены закономерности влияния величины интенсивности движения транспорта на безопасность движения по нерегулируемым пересечениям с учетом геометрической схемы пересечения и количества полос для движения на пересекающихся улицах; разработан принципиально новый подход к исследованию распределения дорожно-транспортных происшествий на улично-дорожной сети, заключающийся в выявлении на улично-дорожной сети опасных для движения зон.

Разработана процедура обоснования целесообразности применения градостроительных методов повышения безопасности городского движения на улично-дорожной сети при разработке комплексной схемы организации дорожного движения, в основу которой положен новый подход к исследованию распределения дорожно-транспортных происшествий на улично-дорожной сети. В составе этой процедуры разработаны: методика моделирования распределения дорожно-транспортных происшествий на улично-дорожной сети; методика определения экономической эффективности применения градостроительных методов повышения безопасности городского движения на улично-дорожной сети; методика определения очередности реализации мероприятий по повышению безопасности городского движения на улично-дорожной сети.

Ключевые слова: градостроительное проектирование, улично-дорожная сеть, городское движение, дорожно-транспортное происшествие, градостроительный метод.

ANNOTATION

Tolok O.V. City planning methods of the city traffic safety enhancement on the network of streets (on the pattern of the Donetsk region cities). – Manuscript.

The thesis on taking Candidate's degree in technical sciences by specialty 05.23.20 – City and territorial planning. – Kiev National University of Construction and Architecture, Kiev, 2009.

The thesis deals with the improvement to the existing and development of new decision-making methodological support about the appropriateness of the city planning methods for city traffic safety on the network of streets taking into account various stages of the urban planning using the mathematical model approach.

The system approach to the research of the traffic safety condition in cities is used. Multifactor mathematical models of the traffic safety state estimate in cities are developed. Influence regularities of the vehicle density range on the traffic safety of the unsupervised crossings are presented. A new approach to the research of the road transport accidents distribution on the network of streets is developed. It consists in the abstraction of the dangerous traffic area on the network of streets. The reasoning procedure of the city planning methods appropriateness for traffic safety enhancement on the network of streets at the stage of the traffic management integrated scheme design is developed and shaped.

Key words: city planning, network of streets, city traffic, road transport accident, city planning method.

*Віддруковано на різнографі
ТОВ фірма “ДРУК-ІНФО”
Підп. до друку 19.05.2009 р.
Умов. друк. арк. 0,85
Тираж 100 прим. Замовлення № 765
83000, м. Донецьк, вул. Артема, 58, к. 113
тел. 335-64-55*