

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ТЮТЮННИК ЯНА СЕРГІЇВНА

УДК 625.748.54

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ В МІСЦЯХ РОЗТАШУВАННЯ
АВТОЗАПРАВНИХ СТАНЦІЙ**

05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2018

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. При проектуванні автомобільних доріг з урахуванням рівня безпеки дорожнього руху вирішується багато різноманітних задач. Однією з таких задач є розміщення автомобільних доріг відносно об'єктів, які потенційно мають небезпечний вплив на учасників руху та, відповідно, розміщення таких об'єктів відносно автомобільних доріг. Серед таких об'єктів можна виділити об'єкти сервісу автомобільних доріг – автозаправні станції (АЗС).

Ділянки автомобільних доріг в зоні розташування автозаправних станцій, параметри яких залежать від розмірів, потужності та розташування станцій відносно автомобільних доріг, природних та соціальних об'єктів, потенційно можуть бути віднесені до ділянок з підвищеною небезпекою. В разі аварії на АЗС можливе виникнення загрози життю людей, руйнування споруд та затримки руху на дорозі і, як результат, суспільні економічні втрати.

Питаннями проектування автомобільних доріг в різних аспектах займалися багато науковців: Андрєєв О.В., Бабков В.Ф., Білятинський О.А., Біруля А.К., Богаченко В.М., Васильєв А.П., Гамеляк І.П., Дмитрієв М.М., Домке Е.Р., Кизима С.С., Лобанов Є.М., Орнатський Н.П., Павлюк Д.О., Пальчик А.М., Поліщук В.П., Сільянов В.В., Смірнова Н.В., Старовойда В.П., Філіпов В.В., Хом'як Я.В., Шилова Т.О. та інші.

Дослідженнями питань роботи та розташування об'єктів сервісу, зокрема, автозаправних станцій займалися ряд вчених, таких як: Орнатський Н.П., Кизима С.С., Куколкін А.И., Лосєв О.І., Малєх П.І., Прохоров Д.О. Скорченко В.Ф., Хом'як Я.В. та інші. В основному, їхні дослідження були зосереджені на проблемах оптимального розміщення та оцінці ризику подібних об'єктів на автомобільних дорогах, економічному аналізі діяльності підприємств автотранспортного комплексу тощо.

На сьогодні спостерігаються аварії з участю автомобілів в зоні АЗС зі значними людськими та матеріальними втратами. Тому питання проектування доріг з урахуванням рівня безпеки дорожнього руху в зоні розташування АЗС залишається відкритим та гострим і зумовлює актуальність теми.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основні дослідження теоретичного та прикладного характеру виконані за планами Міністерства освіти і науки України науково-дослідних робіт у Національному транспортному університеті на кафедрі проектування доріг, геодезії та землеустрою «Удосконалення принципів і методів проектування, реконструкції та паспортизації доріг» (державний реєстраційний номер 0111 У 010362) та відповідно до Стратегічного плану розвитку автомобільного транспорту та дорожнього господарства на період до 2020 року, затвердженого наказом Міністерства інфраструктури України 21 грудня 2015 року № 548, Транспортної стратегії України на період до 2020 року, затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 р. № 2174-р.

Мета дисертаційної роботи. Удосконалення проектування автомобільних доріг на ділянках розташування автозаправних станцій з врахуванням необхідної безпеки дорожнього руху.

Для досягнення поставленої мети у роботі були визначені наступні **задачі дослідження**:

1. Провести аналіз методів проектування автомобільних доріг з урахуванням умов дорожнього руху і факторів, що впливають на основні проектні рішення, та існуючих нормативних вимог щодо розміщення автозаправних станцій на автомобільних дорогах.
2. Розробити критерій та параметри віднесення ділянок доріг до ділянок підвищеної небезпеки з урахуванням параметрів транспортних потоків.
3. Дослідити параметри розміщення АЗС на автомобільних дорогах.
4. Розрахувати параметри ділянок підвищеної небезпеки на основі дослідження характеристик транспортних потоків.
5. Удосконалити методику проектування та розробити рекомендації щодо проектування ділянок автомобільних доріг в зоні розташування АЗС з урахуванням забезпечення безпечних умов дорожнього руху.

Об'єкт дослідження. Проектування елементів автомобільних доріг в місцях розташування автозаправних станцій.

Предмет дослідження. Ділянки автомобільних доріг в місцях розташування автозаправних станцій.

Методи дослідження. У рамках дисертаційної роботи застосовувались розрахунки енергетичних критеріїв автозаправних станцій, статистичні методи обробки експериментальних досліджень інтенсивності руху та інтервалів руху на ділянках автомобільних доріг в зоні розташування АЗС для встановлення імовірної кількості автомобілів, що можуть опинитись на потенційно небезпечній ділянці дороги.

Наукова новизна отриманих результатів. Розроблено критерій та визначені параметри віднесення ділянок доріг до ділянок підвищеної небезпеки на основі врахування потенційного небезпечного впливу автозаправних станцій на рух транспортних потоків на автомобільних дорогах і встановлені параметри безпечних відстаней відносного розташування автомобільних доріг та АЗС для цілей проектування таких ділянок доріг.

Практичне значення отриманих результатів.

1. Розроблено методику визначення небезпечних ділянок автомобільних доріг в зоні розташування автозаправних станцій.
2. Розроблені рекомендації щодо розміщення та конструкції захисних споруд на ділянках автомобільних доріг в зоні розташування автозаправних станцій.
3. Результати дисертаційної роботи впроваджені в:
 - 1) державному підприємстві «Укрдіпродор»;
 - 2) Службі автомобільних доріг у Чернігівській області.

Особистий внесок здобувача. Усі результати, що наведені в дисертації та представлені до захисту, одержані здобувачем особисто або за його безпосередньою участю. В опублікованих роботах здобувачем досліджено аварійні ситуації на автозаправних станціях [1, 2, 9], небезпеки, пов'язані з роботою АЗС [3, 7, 10], розроблені рекомендації щодо розміщення автозаправних станцій [4, 8], виконані дослідження розміщення автозаправних станцій на автомобільних дорогах [5, 6].

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на Міжнародній науково-практичній конференції за участю студентів та молодих вчених «Сучасні комп'ютерно-інноваційні технології проектування, будівництва, експлуатації автомобільних доріг та аеродромів» (2012 р., Харків), III Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми підвищення рівня безпеки, комфорту та культури дорожнього руху» (2013 р., Харків), 15-тій Міжнародній науково-практичній конференції «Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики» (2013 р., Київ), Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції International Scientific and Practical Internet Conference. World Science. September 22-24, 2014. Dubai, UAE, а також на щорічних наукових конференціях професорсько-викладацького складу і студентів Національного транспортного університету (м. Київ, квітень 2013 р., травень 2014 р., травень 2015 р., травень 2016 р., травень 2017 р.).

Публікації. У процесі виконання дисертаційної роботи опубліковано 10 робіт, з них п'ять статей в фахових виданнях, одна в закордонному та чотири в наукових виданнях апробаційного характеру, а також одинадцять тез в матеріалах конференцій та отримано одне авторське свідоцтво.

Структура та обсяг роботи. Дисертація містить вступ, основну частину, яка складається з чотирьох розділів, висновки, список використаних джерел із 157 найменувань на 16 сторінках, додатки. Повний обсяг дисертації складає 140 сторінок, з них 120 сторінок основного тексту, 34 рисунки, 34 таблиці та 6 додатків на 32 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, задачі та методи дослідження, визначено об'єкт та предмет дослідження, викладено наукову новизну, практичне значення, особистий внесок здобувача, наведено відомості з апробації результатів та публікацій, обсяг та структура роботи.

У **першому розділі** виконано аналіз існуючих методів проектування автомобільних доріг з урахуванням безпеки дорожнього руху та розміщення об'єктів сервісу на них.

Безпека дорожнього руху – умови та чинники, внаслідок яких виникають дорожньо-транспортні аварії та дорожньо-транспортні пригоди і які можуть спричинити, або мають можливість спричинити смерть, або важкі тілесні ушкодження для учасників дорожнього руху.

В Законі України «Про автомобільні дороги» приділено значну увагу необхідності виявлення аварійно-небезпечних ділянок доріг та місць концентрації дорожньо-транспортних пригод з подальшою розробкою організаційних та технічних заходів щодо їх зменшення та ліквідації.

Такі заходи направлені на забезпечення безпеки дорожнього руху та зменшення шкідливого впливу на довкілля, а також функціонування автомобільних доріг з урахуванням ризику виникнення природних і техногенних катастроф та інших надзвичайних ситуацій. Отже, мова йде про безпеку руху як на ділянках, на яких геометричні параметри або умови руху автомобілів транспортних потоків не

відповідають необхідним, так і про ділянки, на яких потенційно може виникнути небезпека для учасників руху.

Ділянкою автомобільної дороги підвищеної небезпеки можна вважати ділянку автомобільної дороги, що не відповідає діючим умовам безпеки дорожнього руху та характеризується як існуючою підвищеною аварійністю так і потенційно можливою.

Для оцінки безпеки дорожнього руху застосовуються методи, засновані на визначенні показників, які характеризують захищеність учасників руху. Зокрема, коефіцієнт безпеки руху та коефіцієнт аварійності Бабкова В.Ф. знайшли широке застосування та відображення в нормативних документах.

Всі групи методів об'єднує те, що вони не враховують вплив об'єктів сервісу на рух транспорту на автомобільній дорозі, зокрема, вплив автозаправних станцій чи комплексів.

Серед всіх об'єктів сервісу автозаправна станція (АЗС) є потенційно небезпечним об'єктом. Багато науковців займались питаннями розміщення об'єктів сервісу, благоустроєм автомобільних доріг та безпекою руху в зоні розміщення таких об'єктів.

Проектуванням ділянок автомобільних доріг підвищеної небезпеки з урахуванням різних аспектів займались багато науковців: Бабков В.Ф., Білятинський О.А., Богаченко В. М., Головка С.К., Пальчик А.М., Поліщук В.П., Сільянов В.В., Старовойда В.П. та інші.

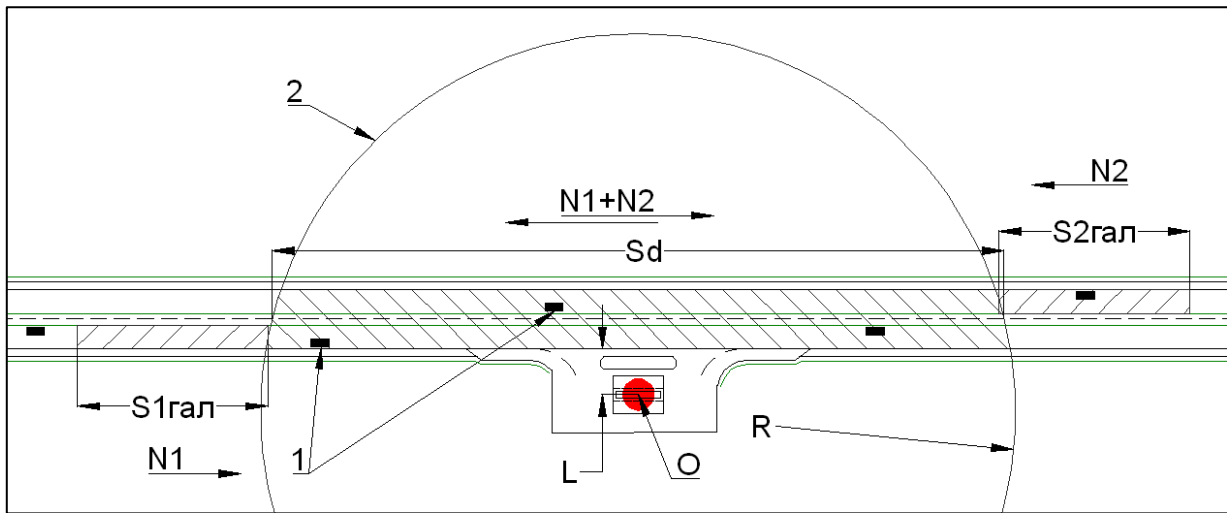
Дослідженнями питань роботи та розташування об'єктів сервісу, зокрема, автозаправних станцій займались ряд вчених, таких як: Аленіч М.Д., Арінушкіна Н.С., Кизима С.С., Кіяшко І.В., Коников А.С, Кудрявцев Г.П., Куколкін А.И., Лосев О.І., Малех П.І., Орнатський Н.П., Прохоров Д.О. Скорченко В.Ф., Трескинський С.А. та інші. Їхні дослідження були зосереджені, в основному, на проблемах оптимального розміщення та оцінки ризику побудови нових або реконструкції подібних об'єктів на автомобільних дорогах, економічного аналізу діяльності підприємств автотранспортного комплексу, організаційно-економічного розвитку тощо.

Другий розділ присвячений теоретичному дослідженню небезпечних ділянок автомобільних доріг в зоні розташування АЗС.

На відміну від розглянутих в першому розділі небезпечних ділянок автомобільних доріг вважаємо, що існують ділянки, небезпека для яких створюється зовнішніми факторами, а не геометричними елементами автомобільних доріг.

В разі виникнення прояву небезпечних факторів дії водіїв автомобілів, що потрапляють в таку зону та навіть поруч з нею, є непередбачуваними. В результаті таких дій можливе зіткнення автомобілів, що рухаються в попутному та зустрічному напрямках, виїзд автомобілів за межі проїзної частини тощо. Тому ми вважаємо, що в разі виникнення аварійної ситуації, така ділянка автомобільної дороги є небезпечною.

Для визначення параметрів небезпечних ділянок автомобільних доріг з урахуванням зовнішніх факторів запропонована схема, що наведена на рисунку 1.



1 – автомобілі, що знаходяться на автомобільній дорозі; 2 – межа зони впливу небезпечних факторів; О – центр виникнення небезпечних факторів зовнішнього впливу; S_d – довжина ділянки автомобільної дороги, для якої існує вплив зовнішніх факторів; L – відстань від центру виникнення небезпечних факторів до автомобільної дороги; R – радіус зони впливу; $S_{1гал}$, $S_{2гал}$ – довжина гальмівного шляху автомобіля перед небезпечною зоною в різних напрямках руху; N_1 , N_2 – інтенсивність руху транспортного потоку в одному з напрямків руху.
Рисунок 1 – Схема впливу зовнішніх факторів на автомобілі транспортного потоку

Як слідує з розрахункової схеми певна кількість автомобілів може знаходитись на ділянці автомобільної дороги довжиною S_d та на об'єктах, що знаходяться поза проїзною частиною автомобільної дороги. Автомобілі, що будуть знаходитись на відрізках автомобільної дороги $S_{1гал}$ та $S_{2гал}$, будуть рухатись в напрямку небезпечної зони, тому потраплять до неї з деякою затримкою. Довжина ділянки S_d залежить від радіусу зони впливу R . Довжини ділянок $S_{1гал}$ та $S_{2гал}$ залежать від швидкості руху на даній ділянці автомобільної дороги, що зумовлено існуючими умовами руху.

Кількість автомобілів, які можуть знаходитись на ділянці автомобільної дороги довжиною S , буде залежати від інтенсивності руху та розподілу інтервалів руху між автомобілями транспортного потоку.

Імовірність того, що на ділянці автомобільної дороги в одному напрямку руху буде знаходитись n автомобілів за деякий період часу t , можна визначити за дискретним розподілом Пуассона.

Поява автомобілів на одній смузі не залежить від появи автомобілів на зустрічній, тому ці події сумісні одна з одною. При розрахунках за різними напрямками руху необхідно враховувати час проїзду t_3 та інтенсивність руху транспортного потоку λ_3 в зворотному напрямку, імовірність того, що на ділянці будуть знаходитись автомобілі, може бути визначена за формулою (1). А при однакових значеннях інтенсивності руху та часу проїзду ділянки автомобільної дороги в обох напрямках імовірність появи більше одного автомобіля може бути визначена за формулою (2):

$$P_{n \geq 1}^{зар} = 1 - e^{-\lambda t} \cdot e^{-\lambda_3 t_3} \quad (1)$$

$$P_{n \geq 1}^{зар} = 1 - (e^{-\lambda t})^2 \quad (2)$$

де e – основа натурального логарифма, $e = 2,718$;

λ – інтенсивність руху транспортного потоку в одному напрямку на даній ділянці, авт./с;

t – час, за який може з'явитись n автомобілів, рівний t_{np} ($t_{np} = \frac{S_d + S_{i_{гзп}}}{v}$), с.

Вважатимемо, що дана ділянка дороги довжиною S є небезпечною з певною імовірністю $P_{n \geq 1}^{зар}(t)$.

Імовірність появи хоча б одного автомобіля можливо виразити у вигляді графіків (рис. 2), як залежність імовірності появи автомобіля від сумарної інтенсивності руху для різних величин t_{np} .

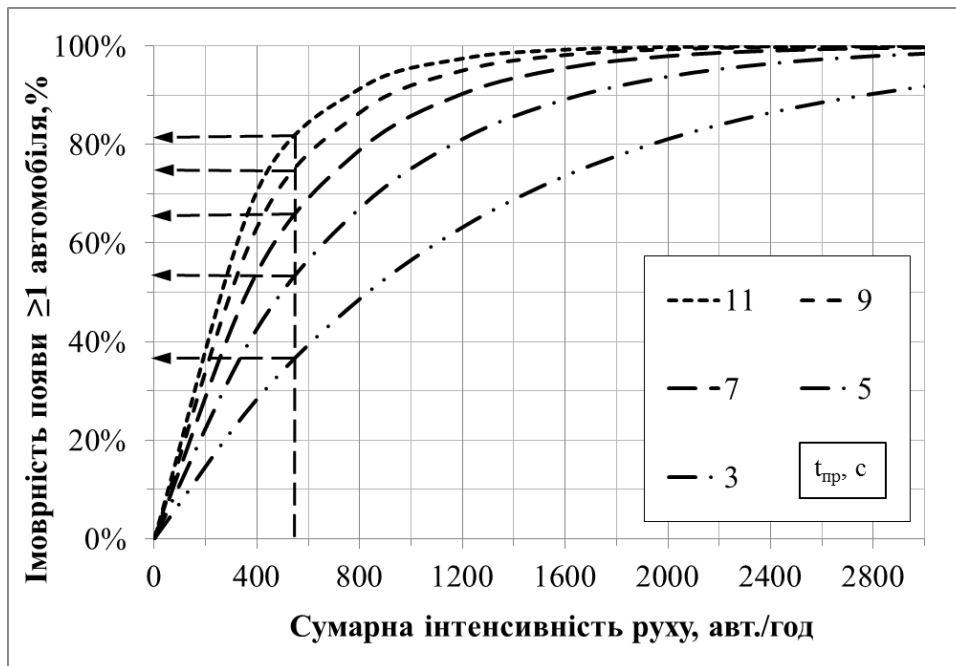


Рисунок 2 – Графік визначення імовірності знаходження автомобілів на ділянці дороги при зміні інтенсивності руху та часу знаходження на ділянці

Вважаючи, що небезпека для учасників руху може з'явитись від об'єктів, що знаходяться поза межею проїзної частини автомобільної дороги, можна дати визначення для небезпечної ділянки автомобільної дороги.

Небезпечною ділянкою автомобільної дороги в зоні розташування автозаправної станції необхідно вважати таку ділянку, на якій в разі виникнення аварійної ситуації на АЗС може опинитись один і більше автомобілів. Довжина цієї ділянки буде залежати від умов руху в зоні розташування АЗС, інтенсивності та швидкості руху автомобілів транспортних потоків, віддаленості автозаправної станції від автомобільної дороги.

Розрахунок параметрів дії небезпечних факторів

Для АЗС найбільш імовірні випадки виникнення аварій відповідають випадку, коли відбувається вибух газо-пароповітряних хмар у відкритому просторі. При випадковому розливі палива на певну площу, горючі речовини починають випаровуватись, утворюючи паливо-повітряні суміші, які при певних умовах можуть вибухнути.

Надлишковий тиск для сферичної повітряної ударної хвилі, що вільно розповсюджується, зменшується з віддалення від місця вибуху. Тому розрахунок його значень звичайно проводиться на підставі співвідношень, в яких тиск є функцією двох аргументів – маси горючих речовин, які присутні на АЗС, і відстані від місця вибуху.

Було розраховано радіус надмірного тиску в фронті вибухової хвилі при різних температурах навколишнього середовища, швидкостях повітря, площ розливу та видів палива (табл. 1). З отриманих результатів виділено найнесприятливіші з можливих умов для вибуху паливо-повітряної суміші – це температура навколишнього середовища 10 °С, швидкість повітря 0,5 м/с та площа розливу 150 м².

Таблиця 1 – Радіус (м) дії надмірного тиску в фронті вибухової хвилі паливо-повітряної суміші залежно від площі розливу палива при швидкості вітру 0,5 м/с та температурі навколишнього середовища 10 °С.

Площа розливу, м ²	P = 14 кПа А-95	P = 14 кПа А-98	P = 28 кПа А-95	P = 28 кПа А-98	P = 70 кПа А-95	P = 70 кПа А-98	P = 100 кПа А-95	P = 100 кПа А-98
50	117,1	133,1	40,1	45,6	23,4	26,6	15,9	18,1
100	183,6	207,9	63	71,3	36,7	41,6	24,9	28,2
150	236,6	266	81,1	91,2	47,3	53,2	32,1	36,1

У третьому розділі були дослідженні параметри транспортних потоків на ділянках автомобільних доріг підвищеної небезпеки та місця розташування таких ділянок.

Заміри інтенсивності руху та інтервалів руху транспортного потоку проводились на наступних ділянках автомобільних доріг:

- Дорога I технічної категорії Київ – Харків – Довжанський М-03 від км 20 до км 155;
- Дорога III технічної категорії Чернігів – Ніжин – Прилуки – Пирятин Р-67 від км 165 до км 129;
- Дорога II технічної категорії Київ – Суми – Юнакіївка Н-07 від км 30 до км 135;
- Дорога I технічної категорії Київ – Чернігів – Нові Яриловичі М-01 від км 20 до км 30;
- Дорога I технічної категорії Київ – Ковель – «Ягодин» М-07 від км 10 до км 36;
- Дорога I технічної категорії Київ – Чоп М-06 від км 10 до км 35.

Було проведено дослідження та виконано аналіз розташування автозаправних станцій на автомобільних дорогах I-ої категорії в різних регіонах України для встановлення залежності між кількістю АЗС та віддаленістю їх від міста чи примикання або перехрещення з іншими автомобільними дорогами.

Найбільш часто АЗС розміщуються поряд з великими містами або пересіченнями з автомобільними дорогами нижчих категорій. Це пояснюється тим,

що в таких місцях збільшується інтенсивність руху й, відповідно, потреба в здійсненні заправки.

Дороги II та III категорій, як правило, проходять через населені пункти, які не мають обхідних доріг. Для забезпечення паливом як транзитних автомобілів, так і автомобілів місцевих жителів, АЗС часто розташовують на ділянках автомобільних доріг в межах населених пунктів. Спостерігається тенденція розміщення АЗС в зоні транспортних вузлів, яка пояснюється намаганням забезпечити якнайбільшу кількість автомобілів транспортних потоків.

При аналізі розташування АЗС вздовж автомобільних доріг було виявлено, що закономірності розташування важко описати математично. На кожній автомобільній дорозі розташування АЗС має свої особливості. Але якщо розглядати розташування автозаправних станцій на певній відстані від населеного пункту, або на відстані від пересічення чи примикання автомобільних доріг, то можна спостерігати певні закономірності розташування АЗС.

Якщо умовно розбити ділянку дороги від населеного пункту або пересічення чи примикання автомобільних доріг на однакові проміжки по 10 км та вважати, що перші 10 км мають порядковий номер 1, від 10 км до 20 км – 2, і т. д. то залежність кількості автозаправних станцій вздовж автомобільної дороги на цих десятикілометрових проміжках може бути описана у вигляді степеневої функції:

$$k = a \cdot x^{-b}, \quad (3)$$

де k – кількість АЗС на ділянці (проміжок 10 км), що розглядається;

x – номер ділянки автомобільної дороги;

a, b – коефіцієнти степеневої функції, що встановлені емпіричним шляхом.

Обробка емпіричних даних дозволила встановити для доріг першої категорії залежність розташування АЗС на певній відстані від міста або пересічення з іншою автомобільною дорогою високої категорії:

$$k = \frac{6,74}{x}, \quad (4)$$

Це означає, що середня кількість автозаправних станцій на відстані до 10 км від міста буде приблизно 7, а на відстані від 10 до 20 км – приблизно 3 станції і т.д.

При дослідженні відстаней від автомобільних доріг до автозаправних станцій вимірювалась відстань від краю проїзної частини до паливо-роздавальних колонок або місць зливу палива з автомобілів-цистерн до резервуарів.

Було встановлено, що гамма-розподіл найкраще описує емпіричні дані з коефіцієнтом кореляції Пірсона $r^2=0,94$ (рис. 3).

В результаті цього дослідження було з'ясовано, що більшість автозаправних станцій розташовуються на відстані до 20 м від краю проїзної частини.

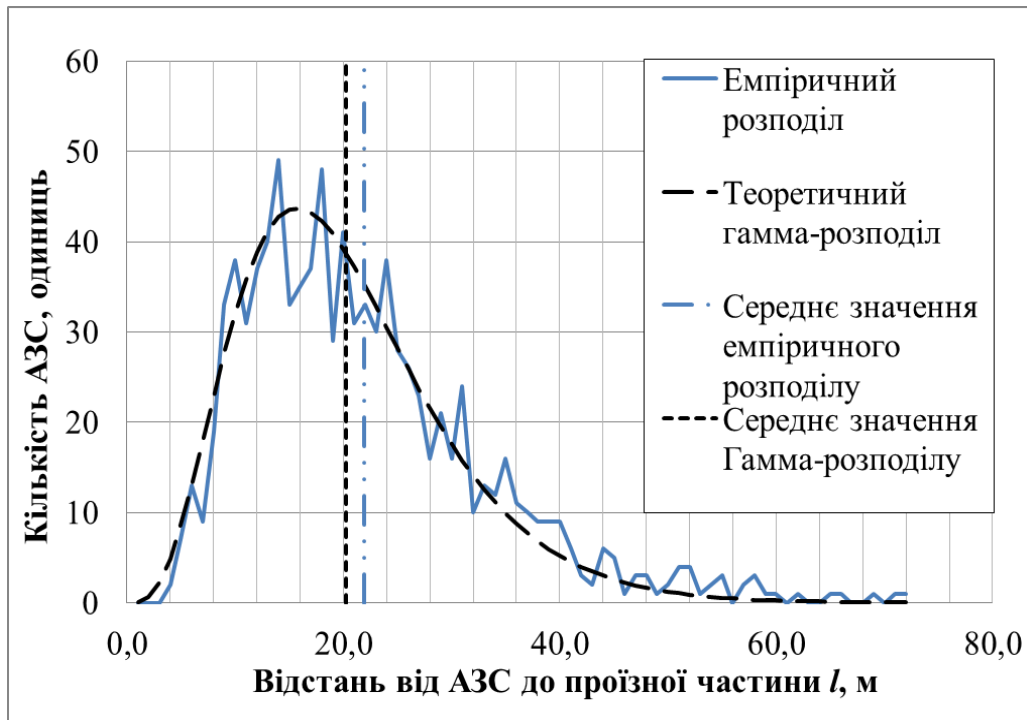


Рисунок 3 – Розподіл кількості автозаправних станцій на відстані l до краю проїзної частини

Для встановлення імовірності появи автомобілів на небезпечній ділянці була досліджена інтенсивність руху в різний час доби та визначалась максимальна годинна інтенсивність з застосуванням перехідних коефіцієнтів, визначених при виконанні досліджень.

Склад транспортного потоку та інтенсивність руху значно змінилась за останні десятиріччя, покращились експлуатаційні показники автомобілів та вдосконалились методи обчислення. Це зумовило необхідність проведення експериментальних досліджень інтервалів руху між автомобілями. Було встановлено, що гамма-розподіл найкраще описує отримані теоретичні дані. В табл. 2 наведені отримані формули гамма-розподілу для різних значень інтенсивності руху.

Таблиця 2 – Гамма-розподіл інтервалів руху між автомобілями

Інтенсивність руху в одному напрямку, авт./год	Рекомендований загальний вигляд рівняння	Примітки
До 700	$f(t) = 0,4 \cdot e^{(-t/3)}$	коефіцієнти для доріг з двома смугами руху
700 – 1 000	$f(t) = 0,255 \cdot t \cdot e^{(-t/2)}$	коефіцієнти отримані для даної інтенсивності руху можна застосовувати для моделювання руху по двом смугам руху в одному напрямку, або по крайній правій смузі руху
1 000 – 1 500	$f(t) = 1,08 \cdot t \cdot e^{-t}$	
Від 1 500	$f(t) = 2,05 \cdot t \cdot e^{(-t/0,75)}$	

Для встановлення кількості автомобілів, які можуть опинитись на ділянці автомобільної дороги в разі виникнення можливого негативного впливу від АЗС, було проведено дослідження кількості автомобілів, що можуть знаходитись на ділянці автомобільної дороги заданої довжини за певний проміжок часу. Час знаходження автомобілів на ділянці автомобільної дороги прийнято 5 с та 10 с.

З рисунку 4 видно, що при інтенсивності руху 1334 авт./год теоретичний розподіл імовірності появи автомобіля за законом Пуассона за певний період часу відповідає експериментальним даним з високим коефіцієнтом кореляції $r^2=0,95\dots0,96$. При різних інтенсивностях руху коефіцієнт кореляції коливається в межах від 0,74 до 0,99, що є високим показником відповідності.

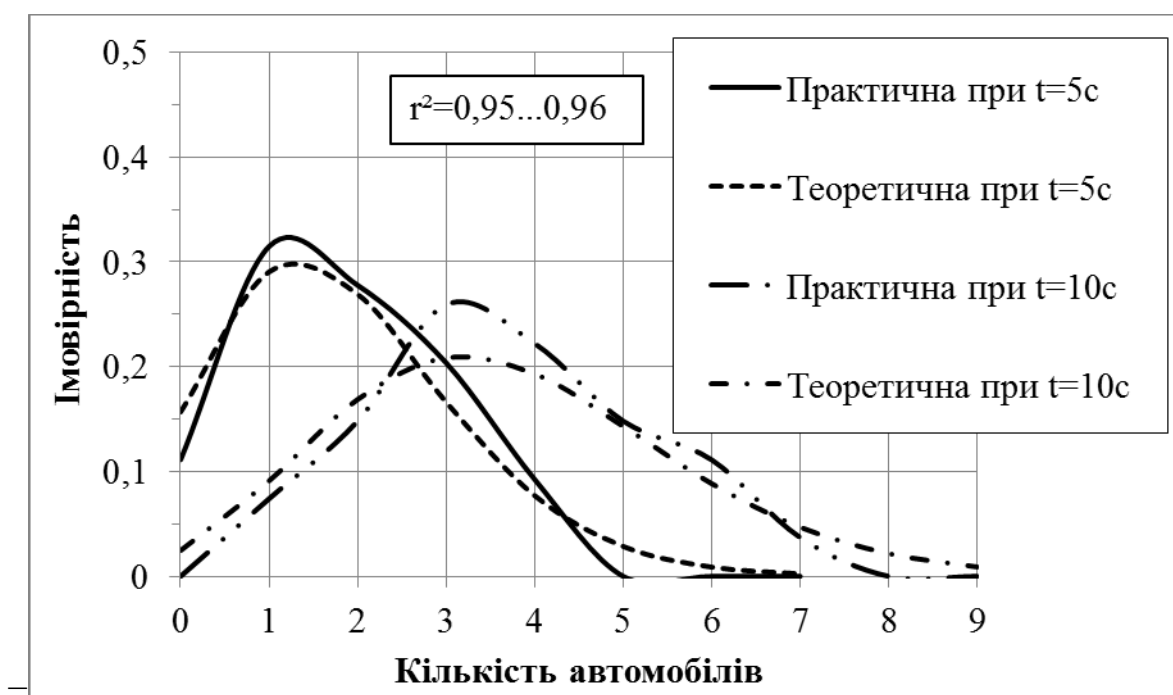


Рисунок 4 – Імовірність знаходження автомобілів на ділянці дороги М-06 Київ – Чоп на км 32 з інтенсивністю руху 1334 авт./год за 5 с та 10 с

Четвертий розділ присвячений розробленню методики проектування ділянок автомобільних доріг в зоні розташування АЗС.

При проектуванні автомобільних доріг в зоні розміщення автозаправних станцій необхідно враховувати потенційні небезпеки, що можуть впливати на ділянку автомобільної дороги певної довжини.

Для віднесення ділянки автомобільної дороги в зоні розташування автозаправної станції до небезпечної ділянки, необхідно визначити всі параметри згідно рис. 5.

Імовірність появи автомобілів на ділянці дороги залежить від часу проїзду та інтенсивності руху на ділянці (табл. 4).

З отриманих даних видно що імовірність появи автомобіля на небезпечній ділянці автомобільної дороги досить висока.

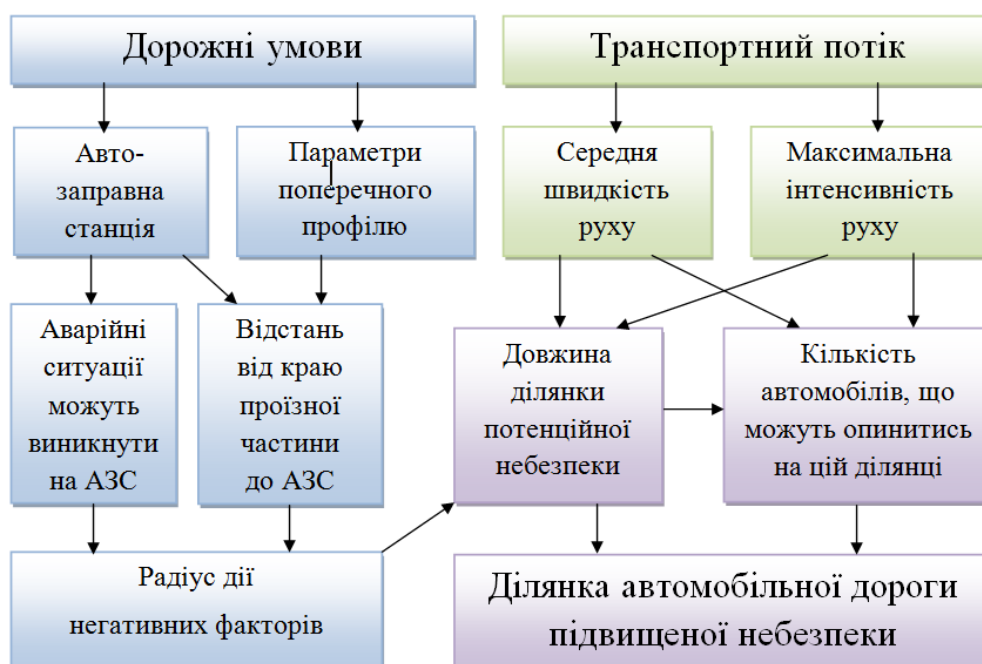


Рисунок 5 – Схема визначення небезпечних ділянок автомобільних доріг в зоні розташування автозаправних станцій

Таблиця 4 – Імовірність появи більше одного автомобіля на ділянці дороги

N, авт./год	Час проїзду, с				
	5	10	15	20	25
200	0,243	0,426	0,565	0,671	0,751
600	0,565	0,811	0,918	0,964	0,984
1000	0,751	0,938	0,984	0,996	0,999
1400	0,857	0,980	0,997	1,000	1,000
1800	0,918	0,993	0,999	1,000	1,000

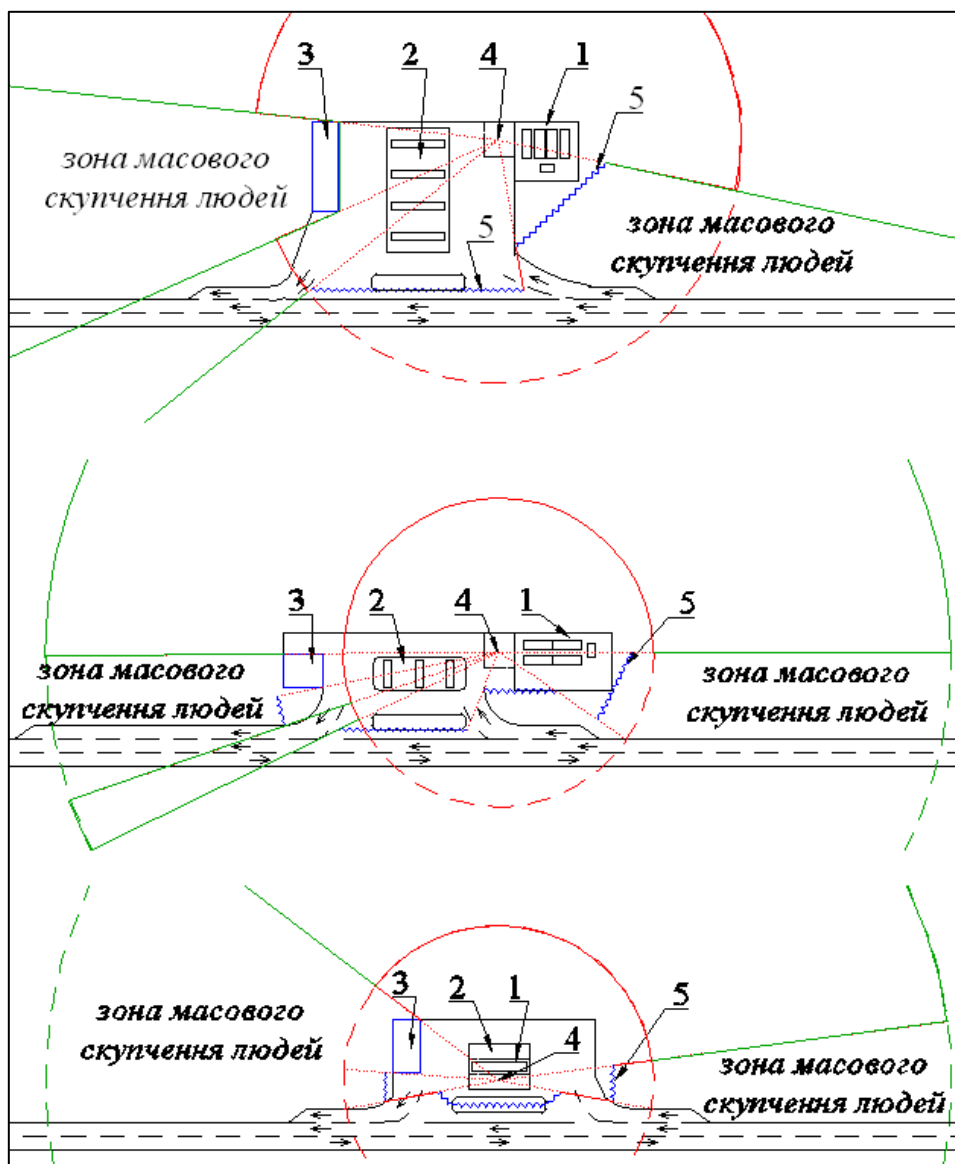
З врахуванням результатів виконаних досліджень можна рекомендувати узгодження розташування АЗС на відстані від краю проїзної частини, що більша за радіус дії надмірного тиску 28 кПа в разі виникнення аварійної ситуації на АЗС. Ще однією рекомендацією є розташування АЗС на відстані від місць масового скупчення людей, що буде більшою за радіус дії надмірного тиску 14 кПа (табл. 5).

Таблиця 5 – Рекомендована відстань розміщення АЗС відносно автомобільної дороги та місць масового скупчення людей, м

Вид витoku палива		Рекомендована відстань, м	
		від краю проїзної частини	від місць масового скупчення людей
Площа обмеженої ділянки, м ²	50	45	133
	100	70	208
	150	90	266
Газ (пропан-бутан)		90	141

В іншому випадку, коли автозаправні станції вже побудовані та не відповідають вимогам, що наведені в табл. 5, необхідно запроектувати ділянку дороги або перенести місце розташування АЗС так, щоб був зменшений негативний вплив від неї.

Для захисту автомобільних доріг від вибухової хвилі були розроблені рекомендації щодо розміщення та конструкції захисних споруд на ділянках автомобільних доріг в зоні розташування автозаправних станцій, згідно яких потрібно встановлювати вибухозахисні стінки для зниження сили ударної хвилі (рис. 5).



1 – зона розміщення резервуарів з паливом; 2 – зона з ПРК; 3 – операторна, будівля персоналу й обслуговування водіїв та пасажирів; 4 – місце зливу палива в резервуари з автоцистерн; 5 – захисна споруда.

Рисунок 5 – Приклад розміщення захисної стінки біля АЗС

Висоту споруди у вигляді захисної необхідно обирати в залежності від різниці розташування по висоті території АЗС та проїзної частини автомобільної дороги так, щоб забезпечити захист автомобілів. З врахуванням середньої висоти легкових автомобілів до 1,8 м висота такої стінки буде в межах 1,5 – 2,0 м.

Товщину захисної споруди потрібно призначати індивідуально в залежності від матеріалів, які використовуються для влаштування споруди, та величини надмірного тиску у фронті ударної хвилі. Величина надмірного тиску залежить від відстані до епіцентру можливого вибуху.

Величина розрахункового тиску для визначення розмірів та товщини споруди, прийнятого як бічне навантаження, визначається за розробленим в дисертаційній роботі графіком (рис. 6).

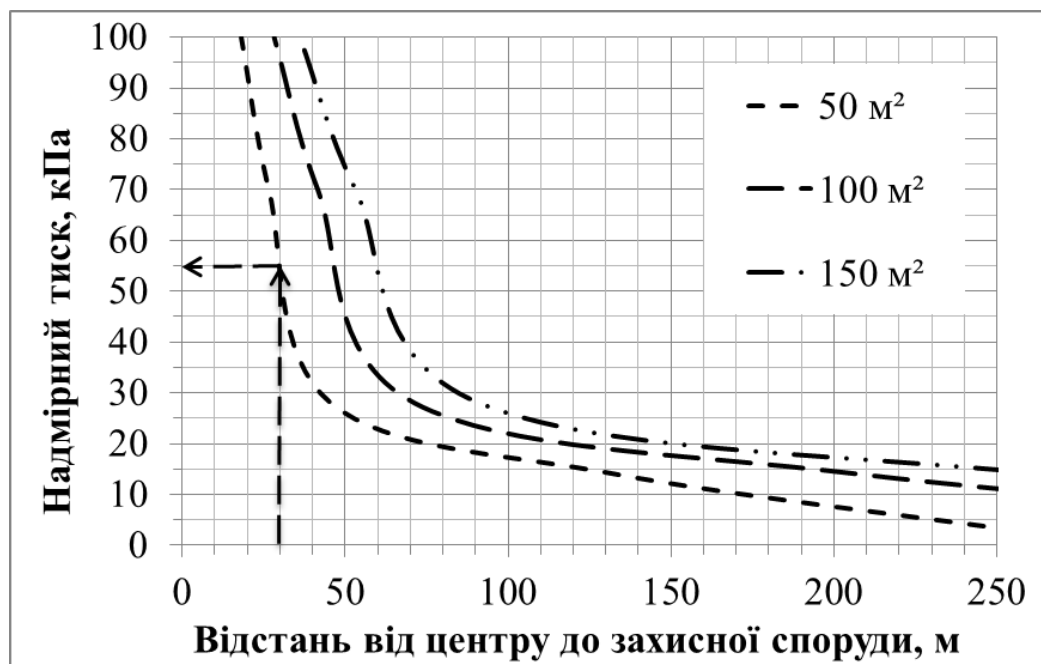


Рисунок 6 – Графік залежності надмірного тиску вибухової хвилі від відстані

Для забезпечення необхідної видимості території АЗС з боку проїзної частини пропонується використовувати конструкції з багатошарового вибухобезпечного скла. В місцях, де захисні споруди не будуть зменшувати видимість, доцільно використовувати інші матеріали. Матеріал для захисної споруди призначається згідно табл.6 в залежності від величини надмірного тиску.

Таблиця 6 – Матеріали для захисних споруд

Види матеріалів	Величина P , кПа	Товщина, мм
Бетонні, залізобетонні та антисейсмічні конструкції	понад 50	За розрахунком
Цегляні стінки	до 50	380
	до 30	250
	до 40	120
Багатошарове вибухобезпечне скло	6,5 - 250	В залежності від класу захисту ¹
Примітка: 1 - клас захисту призначається згідно Додатку Г ДСТУ Б В.2.7 - 123 – 2004. Скло багатошарове будівельного призначення		

Зроблено порівняння економічних витрат по встановленню захисних споруд з втратами держави у випадку загибелі людини. Вартість встановлення захисних споруд висотою 1,5 м та загальною довжиною 10 м буде коштувати власникам АЗС до 100 000 грн. Розрахунок збитків для держави, якщо при аварії на АЗС постраждають люди, згідно «Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру» показав, що втрати держави у випадку загибелі однієї людини будуть в 9 разів перевищувати витрати власників АЗС на встановлення захисної стінки.

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження дозволили встановити, що об'єкти сервісу на ділянках автомобільних доріг, а саме автозаправні станції та автозаправні комплекси, можуть при певних умовах перетворювати такі ділянки в небезпечні. Ця небезпека стосується як автомобілів транспортного потоку так і людей, що знаходяться в небезпечній зоні.

1. Проведений аналіз методів проектування автомобільних доріг з урахуванням факторів, що впливають на безпеку руху, показав, що основні проектні рішення щодо забезпечення безпеки дорожнього руху на автомобільних дорогах застосовуються на практиці на основі виконаних досліджень дорожньо-транспортних подій в різних дорожніх умовах. Інші проектні рішення приймаються з урахуванням досвіду та досліджень впливу дорожніх умов на характеристики транспортних потоків з точки зору забезпечення безпеки руху. Аналіз методів визначення ділянок підвищеної небезпеки на автомобільних дорогах показав, що для таких ділянок не враховують зовнішній вплив як потенційної небезпеки від можливих аварійних ситуацій, що можуть трапитись на об'єктах, розташованих поряд з автомобільною дорогою. Фактичне розташування АЗС на автомобільних дорогах не завжди відповідає існуючим нормативним вимогам щодо відстаней між АЗС.

2. Розроблено критерій та визначено параметри віднесення ділянки автомобільної дороги до ділянок підвищеної небезпеки на основі врахування потенційного впливу АЗС на рух транспортного потоку на автомобільну дорогу. Небезпечною ділянкою автомобільної дороги в зоні розташування автозаправної станції запропоновано вважати таку ділянку, на якій в разі виникнення аварійної ситуації на АЗС може опинитись принаймні один автомобіль. Довжина цієї ділянки залежить від віддаленості автозаправної станції від автомобільної дороги та характеристик транспортного потоку.

3. Дослідження розташування на автомобільних дорогах автозаправних станцій дозволило встановити закономірності розміщення автозаправних станцій в залежності від відстаней до міст та перехрещень з іншими дорогами. Переважна більшість автозаправних станцій розміщені на відстані до 25 м від краю проїзної частини автомобільних доріг. Таке близьке розташування збільшує можливий негативний вплив на ділянку автомобільної дороги.

4. Дослідженням визначені функціональні залежності між інтенсивністю руху та інтервалами руху між автомобілями, кількістю автомобілів, що можуть опинитись на небезпечній ділянці, та швидкістю руху на автомобільній дорозі.

Розподіл інтервалів часу між автомобілями транспортного потоку показує значну їх кількість в інтервалі 1 – 3 с при інтенсивності руху понад 500 авт./год на смузі руху, що на сьогодні дає високу імовірність знаходження автомобілів на небезпечній ділянці. Розрахунки показали, що довжина небезпечної ділянки, де можливе ушкодження автомобілів, змінюється від 175 до 287 м, а травмування людей можливе на відстані до 565 м.

5. Удосконалено проектування ділянок автомобільних доріг в зоні розташування АЗС на основі врахування розробленої методики визначення параметрів небезпечних ділянок автомобільних доріг. Розроблено рекомендації щодо розміщення та конструкцій захисних споруд на території автозаправних станцій та комплексів, що дозволяють зменшити можливий негативний вплив від автозаправних станцій на автомобільні дороги та учасників руху в разі виникнення аварійних ситуацій. Виконано економічне порівняння втрат держави при загибелі однієї людини в наслідок аварії на АЗС з вартістю встановлення захисних споруд.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у виданнях іноземних держав:

1. Тютюнник Я. Риски нахождения автомобилей на дорогах в зоне расположения автозаправочных станций. Рекомендации по размещению АЗС // *Modern management review*. Rzeszów : Politechnika Rzeszowska, 2015. № 22 (2/2015), С. 185 – 196. (p-ISSN 2300-6366, e-ISSN 2353-0758)

Статті у наукових фахових виданнях:

2. Тютюнник Я. С., Богаченко М. В. Автозаправні станції – потенційно небезпечні об'єкти на автомобільних дорогах // *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. К. : НТУ, 2012. Вип. 86. С. 226–230.

3. Тютюнник Я. С. Аналіз небезпек пов'язаних з роботою автозаправних станцій // *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. К. : НТУ, 2012. Вип. 85. С. 217–222.

4. Тютюнник Я. С. Аналіз розміщення АЗС на автомобільних дорогах І категорії // *Вісник Національного транспортного університету*. К. : НТУ, 2013. Вип. 28. С. 472–476.

5. Тютюнник Я. С., Богаченко М. В. Вражаючі фактори вибуху паливо-повітряної суміші на автозаправних станціях // *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. К. : НТУ, 2013. Вип. 88. С. 289–293.

6. Тютюнник Я. С. Встановлення ділянки автомобільної дороги, що потрапляє в зону надлишкового тиску вибухової хвилі в разі аварії на АЗС // *Автошляховик України* : 2015. № 1-2 (243-244) С. 54–56.

Опубліковані праці апробаційного характеру:

7. Тютюнник Я. С. Умови виникнення і розвитку аварій на АЗС. *Современные компьютерно-инновационные технологии проектирования, строительства, эксплуатации автомобильных дорог и аэродромов* : матер. Межд. науч.-техн. конф с участ. студ. и мол. уч. (Харьков, 01-04.11.2012). Харьков : ХНАДУ, 2012. С. 331–336.

8. Тютюнник Я. С. Рекомендації по розміщенню автозаправних станцій. *Проблеми підвищення рівня безпеки, комфорту та культури дорожнього руху* : матер. III між. наук.-практ. конф. (Харьков, 16-17.04.2013). Харьков : ХНАДУ, 2013. С. 95–97.
9. Тютюнник Я. С. Розміщення автозаправних станцій на автомобільних дорогах. *Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні проблеми логістики* : 15-та між. наук.-практ. конф. (Київ, 10.2013). Київ, 2013. С. 202–204.
10. Тютюнник Я. С. Сравнительный анализ размещения АЗС на автомобильных дорогах I категории с существующими нормативами Украины. *International Scientific and Practical Internet Conference. World Science* : матер. Межд. науч.-практ. интернет-конф (22-24.09.2014). Dubai, UAE. 2014. С. 53–57.
11. Тютюнник Я. С., Богаченко В. М. Об'єкти підвищеної небезпеки на автомобільних дорогах. *Наук. конф. проф.-викл. складу і студ. ун-ту* : тези доп. К. : НТУ, 2013. № 69. С. 185.
12. Тютюнник Я. С. Вплив на автомобілі транспортного потоку в разі виникнення аварійної ситуації на АЗС. *Наук. конф. проф.-викл. складу і студ. ун-ту* : тези доп. К. : НТУ, 2013. № 69. С. 173.
13. Тютюнник Я. С. Розміщення АЗС на автомобільних дорогах. *Наук. конф. проф.-викл. складу і студ. ун-ту* : тези доп. К. : НТУ, 2013. № 69. С. 173.
14. Тютюнник Я. С., Соколенко Т.В. Наслідки вибуху паливо-повітряної суміші на АЗС. *Наук. конф. проф.-викл. складу і студ. ун-ту* : тези доп. К. : НТУ, 2014. № 70. С. 173.
15. Тютюнник Я. С., Тернова А.Д. Доцільність розміщення автозаправних станцій. *Наук. конф. проф.-викл. складу і студ. ун-ту* : тези доп. К. : НТУ, 2014. № 70. С. 173.
16. Тютюнник Я. С. Аналіз розміщення АЗС на автомобільних дорогах I категорії. *Наук. конф. проф.-викл. складу і студ. ун-ту* : тези доп. К. : НТУ, 2014. № 70. С. 169.
17. Тютюнник Я. С., Момотенко К.Ю. Автозаправна станція як об'єкт підвищеної небезпеки. *Наук. конф. проф.-викл. складу і студ. ун-ту* : тези доп. К. : НТУ, 2015. № 71. С. 208–209.
18. Тютюнник Я. С., Шкуратівський Д.В. Дослідження природи вибухових процесів на відкритій місцевості. *Наук. конф. проф.-викл. складу і студ. ун-ту* : тези доп. К. : НТУ, 2015. № 71. С. 209.
19. Тютюнник Я.С. Захист автомобільної дороги від дії надлишкового тиску в фронті вибухової хвилі в разі аварії на АЗС. *Наук. конф. проф.-викл. складу і студ. ун-ту* : тези доп. К. : НТУ, 2015. № 71. С. 208.
20. Тютюнник Я.С. Вплив існуючих автозаправних станцій на реконструкцію автомобільних доріг. *Наук. конф. проф.-викл. складу і студ. ун-ту* : тези доп. К. : НТУ, 2016. № 72. С. 185.
21. Тютюнник Я. С. Нові підходи в методах проектування доріг з урахуванням рівня безпеки дорожнього руху в зоні розташування автозаправних станцій. *Наук. конф. проф.-викл. складу і студ. ун-ту* : тези доп. К. : НТУ, 2017. № 73. С. 200.

22. Тютюнник Я. С. Визначення кількості автомобілів, що можуть потрапити в зону негативного впливу з боку автозаправних станцій. *Наук. конф. проф.-викл. складу і студ. ун-ту* : тези доп. К. : НТУ, 2017. № 73. С. 200.

Свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір:

23. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на науковий твір № 60915 «Розрахунок вибухової хвилі в разі аварійної ситуації на автозаправній станції» / Тютюнник Я.С., заявлено 29.05.2015 № 61323; зареєстровано 28.07.2015.

АНОТАЦІЯ

Тютюнник Я. С. Удосконалення проектування автомобільних доріг в місцях розташування автозаправних станцій. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.11 – Автомобільні шляхи та аеродроми.

Національний транспортний університет. Київ, 2018 рік.

Проектування ділянок автомобільних доріг підвищеної небезпеки повинно здійснюватись з урахуванням можливого негативного впливу існуючих об'єктів сервісу, а саме, автозаправних станцій.

Основним предметом дослідження є проектування елементів автомобільних доріг в місцях розташування автозаправних станцій.

Розроблено розрахункову схему впливу зовнішніх факторів на безпеку автомобілів, що рухаються в транспортному потоці, та запропоновано визначення небезпечної ділянки з урахуванням розташування автозаправних станцій та параметрів транспортного потоку. Небезпечною ділянкою автомобільної дороги в зоні розташування автозаправної станції необхідно вважати таку ділянку, на якій в разі виникнення аварійної ситуації на АЗС може опинитись один і більше автомобілів. Довжина цієї ділянки буде залежати від геометричних параметрів автомобільної дороги та віддаленості автозаправної станції від автомобільної дороги. Імовірність знаходження на цій ділянці більше одного автомобіля буде залежати від умов руху в зоні розташування АЗС – інтенсивності та швидкості руху автомобілів транспортних потоків.

Розглянуті можливі аварійні ситуації на автозаправних станціях, що можуть виникнути з різних причин. Найбільш загрозливим для учасників руху є ситуація з пролитим паливом, над яким утворюється газо-повітряна суміш, яка за певних умов може вибухнути. Зроблені розрахунки для різних варіантів планування території АЗС та можливим поширенням надмірного тиску у фронті ударної хвилі, що виникає при вибусі.

Визначено потенційний негативний вплив існуючих автозаправних станцій на рух транспортного потоку на автомобільних дорогах і параметри безпечних відстаней щодо розміщення автомобільних доріг і АЗС для цілей проектування таких ділянок доріг.

Доповнено перелік небезпечних елементів доріг і визначено критерій віднесення ділянки дороги до ділянки підвищеної небезпеки шляхом розроблення методики визначення небезпечних ділянок автомобільних доріг в зоні розташування

автозаправних станцій. В методиці послідовно описано процедуру розрахунку та встановлення параметрів ділянки, що розглядається.

Розроблено рекомендації відносного розміщення проїзної частини автомобільної дороги і автозаправних станцій, що встановлюють безпечні відстань в залежності від умов можливого розливу палива на території АЗС. Розглянуті різні методи зменшення негативного впливу можливих аварійних ситуацій та виражені у вигляді «Рекомендацій щодо розміщення та конструкції захисних споруд на ділянках автомобільних доріг в зоні розташування автозаправних станцій». В рекомендаціях описана послідовність розрахунку величини надмірного тиску в залежності від положення захисних споруд, надано рекомендації по їх розташуванню та матеріалам, з яких буде доцільно їх будувати.

Ключові слова: автозаправна станція, автомобільна дорога, безпека дорожнього руху, ділянка автомобільної дороги підвищеної небезпеки, інтенсивність руху, проектування, транспортний потік.

ABSTRACT

Tiutiunyk YS **Improving the design of roads in the locations of gas stations.** - The manuscript.

Thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.22.11 - Roads and airdromes.

National Transport University. Kyiv, 2018.

Design of sections of highway roads of high danger should be carried out taking into account the possible negative impact of existing service objects, namely, petrol stations.

The main subject of the study is the designing elements of roads in the locations of filling stations.

A design scheme for the influence of external factors on the safety of vehicles moving in the traffic flow is developed, and a definition of a dangerous site is proposed taking into account the location of filling stations and transport flow parameters. A hazardous section of the highway in the area of the gas station location should be considered such a site, in which one or more cars may appear in the event of an emergency situation at the gas station. The length of this site will depend on the geometric parameters of the highway and the distance of the gas station from the highway. The probability of finding more than one car in this area will depend on traffic conditions in the location of the gas station - the intensity and speed of vehicles traffic flows.

Considered possible emergency situations at petrol stations, may arise for various reasons. The most threatening situation for the participants in the movement is the situation with spilled fuel, over which forms a gas-air mixture, which under certain conditions may explode. The calculations made for various variants of the territory planning of the gas station and the possible spread of excess pressure in the front of the shock wave arising during the explosion.

The potential negative impact of existing gas stations on the traffic flow on highways and the parameters of safe distances on the placement of highways and gas stations for the purpose of designing such sections of roads have been identified.

The list of dangerous elements of roads is supplemented and the criterion of assigning a section of the road to a high danger area is determined by developing a

methodology for determining the hazardous sections of highways in the location zone of the filling stations. In the methodology, the procedure for calculating and setting the parameters of the considered plot is described in succession.

Recommendations for the relative placement of the travel part of the motorway and gas stations, which establish safe distances, depending on the conditions of possible fuel filling in the gas station territory, have been developed. Different methods of reducing the negative impact of possible emergency situations are considered and expressed in the form of "Recommendations for the placement and construction of protective structures in the areas of highways in the area of the location of filling stations". The recommendations describe the sequence of calculation of the amount of excessive pressure depending on the position of the protective structures, provided recommendations for their location and materials, from which it would be advisable to build them.

Key words: design, gas station, highway road section of high danger, road, road safety, traffic flow, traffic intensity.

АННОТАЦИЯ

Тютюнник Я. С. **Усовершенствование проектирования автомобильных дорог в местах расположения автозаправочных станций.** - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.11 - Автомобильные дороги и аэродромы.

Национальный транспортный университет. Киев, 2018 год.

Проектирование участков автомобильных дорог повышенной опасности должно осуществляться с учетом возможного негативного воздействия существующих объектов сервиса, а именно, автозаправочных станций.

Основным предметом исследования являются проектирования элементов автомобильных дорог в местах расположения автозаправочных станций.

Разработана расчетная схема влияния внешних факторов на безопасность автомобилей, движущихся в транспортном потоке, и предложенное определение опасного участка с учетом расположения автозаправочных станций и параметров транспортного потока. Опасным участком автомобильной дороги в зоне расположения автозаправочной станции необходимо считать такой участок, на котором в случае возникновения аварийной ситуации на АЗС может оказаться один и более автомобилей. Длина этого участка будет зависеть от геометрических параметров автомобильной дороги и удаленности автозаправочной станции от автомобильной дороги. Вероятность нахождения на этом участке больше чем один автомобиль будет зависеть от условий движения в зоне расположения АЗС - интенсивности и скорости движения автомобилей транспортных потоков.

Рассмотрены возможные аварийные ситуации на автозаправочных станциях, которые могут возникнуть по разным причинам. Наиболее угрожающая для участников движения ситуация с пролитым топливом, над которым образуется газозвушная смесь, которая при определенных условиях может взорваться. Сделанные расчеты для различных вариантов планировки территории АЗС и возможным распространением избыточного давления во фронте ударной волны, возникающей при взрыве.

Определены потенциальное негативное влияние существующих автозаправочных станций на движение транспортного потока на автомобильных дорогах и параметры безопасных расстояний по размещению автомобильных дорог и АЗС для целей проектирования таких участков дорог.

Дополнен перечень опасных элементов дорог и определен критерий отнесения участка дороги к участку повышенной опасности путем разработки методики определения опасных участков автомобильных дорог в зоне расположения автозаправочных станций. В методике последовательно описана процедура расчета и установления параметров участка, который рассматривается.

Разработаны рекомендации относительного размещения проезжей части автомобильной дороги и автозаправочных станций, устанавливающих безопасные расстояния в зависимости от условий возможного разлива топлива на территории АЗС. Рассмотрены различные методы уменьшения негативного влияния возможных аварийных ситуаций и выражены в виде «Рекомендациях по размещению и конструкции защитных сооружений на участках автомобильных дорог в зоне расположения автозаправочных станций». В рекомендациях описана последовательность расчета величины избыточного давления в зависимости от положения защитных сооружений, даны рекомендации по их расположению и материалам, из которых будет целесообразно их строить.

Ключевые слова: автозаправочная станция, автомобильная дорога, безопасность дорожного движения, интенсивность движения, проектирование, транспортный поток, участок автомобильной дороги повышенной опасности.