

Національний транспортний університет
Міністерства освіти і науки України

Національний транспортний університет
Міністерства освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

ТЮТЮННИК ЯНА СЕРГІЇВНА

УДК 625.748.54

ДИСЕРТАЦІЯ

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ В МІСЦЯХ РОЗТАШУВАННЯ АВТОЗАПРАВНИХ СТАНЦІЙ

05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми

Архітектура та будівництво

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших
авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Я.С. Тютюнник

Науковий керівник –
Богаченко Володимир Миколайович
кандидат технічних наук, доцент

Ідентичність усіх примірників дисертації

Засвідчую

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради Д 26.059.02

_____ В. І. Каськів

Київ – 2018

АНОТАЦІЯ

Тютюнник Я.С. Удосконалення проектування автомобільних доріг в місцях розташування автозаправних станцій. - Кваліфікаційна наукова праця 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.

При проектуванні ділянок автомобільних доріг з урахуванням рівня безпеки дорожнього руху вирішувати 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.

На сьогодні наявність ділянок автомобільних доріг з підвищеною небезпекою не враховує можливі наслідки від зовнішнього негативного впливу для потоку транспортних засобів, водіїв та пасажирів, які знаходяться на таких ділянках. Тому проектування ділянок автомобільних доріг підвищеної небезпеки повинно здійснюватись з урахуванням можливого негативного впливу існуючих об'єктів сервісу, а саме, автозаправних станцій.

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.

На основі статистичних даних про ДТП та багаторічних дослідженнях в сфері безпеки руху було визначено критерії, за якими ділянки автомобільних доріг можна віднести до ділянок підвищеної небезпеки. Але ці критерії не включають зовнішні фактори техногенного характеру, наприклад, аварійні

ситуації на автозаправних станціях, що можуть спричинити ДТП на автомобільній дорозі.

Аналіз методів визначення безпеки дорожнього руху показав, що вони не враховують можливого зовнішнього впливу на ділянки автомобільних доріг та учасників руху, що при певних умовах може перетворити такі ділянки на небезпечні.

Автозаправна станція є об'єктом підвищеної небезпеки, тому що вона потенційно несе небезпеку. Технологічний процес роботи АЗС пов'язаний з ризиком виникнення можливих надзвичайних ситуацій (пожежі, вибухи та ін.). Найбільш значні негативні наслідки мають місце при аварійних ситуаціях, 25% яких відбуваються за участю автомобілів. Типовими ДТП в місцях розташування АЗС є наїзд на огороження при розгалуженні потоків, наїзд на технологічне обладнання АЗС та АЗК, що несе додаткову небезпеку виникнення пожежі чи вибуху. Згідно статистичних даних за останні роки в Україні основними причинами аварій є перевищення безпечної швидкості (20 – 30 %) та порушення правил маневрування (близько 20 %).

За останні роки в Україні та в близькому зарубіжжі були зафіксовані аварії з тяжкими наслідками в зоні розташування АЗС. Тому, попри вдосконалення технологічного обладнання АЗС, проблема розміщення автозаправних станцій на автомобільних дорогах є актуальною.

Розроблено розрахункову схему впливу зовнішніх факторів на безпеку автомобілів, що рухаються в транспортному потоці, та запропоноване 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 тиск у фронті ударної хвилі, що виникає при вибусі.

Для визначення кількісних показників, які необхідні для обґрунтування критеріїв приналежності ділянок автомобільних доріг до ділянок підвищеної небезпеки, проведені наступні дослідження:

- визначено закономірності розташування АЗС як потенційних місць виникнення негативних факторів по довжині автомобільної дороги;
- визначено відстані від центру можливого виникнення негативних факторів на АЗС до проїзної частини автомобільної дороги;
- встановлено максимальну інтенсивність руху на ділянках автомобільних доріг в зоні розташування АЗС;
- досліджено розподіл інтервалів часу між автомобілями транспортного потоку в залежності від інтенсивності руху;
- визначено кількість автомобілів, що можуть знаходитись на ділянці автомобільної дороги певної довжини за певний час;
- досліджено закономірності часу знаходження автомобілів на території АЗС та кількості автозаправок в залежності від інтенсивності руху.

Був проведений аналіз розташування автозаправних станцій на автомобільних дорогах в різних регіонах України для встановлення залежності між кількістю АЗС і віддаленістю їх від міста або примикання інших автомобільних доріг. Залежність розташування АЗС уздовж автомобільних доріг виражено у вигляді степеневої функції.

В результаті дослідження відстані від центру можливого виникнення негативних факторів на АЗС до проїзної частини автомобільної дороги було

з'ясовано, що половина автозаправних станцій розташовуються на відстані до 20 м від краю проїзної частини. Таке близьке розміщення АЗС до краю проїзної частини несе потенційну небезпеку для учасників руху у випадку аварійної ситуації. Встановивши відстань розміщення АЗС до проїзної частини, стало можливим визначити довжину ділянки автомобільної дороги, що потрапляє під дію можливого негативного впливу.

Встановлено імовірність появи хоча б одного автомобіля на небезпечній ділянці в залежності від максимальної інтенсивності руху транспортного потоку.

Дослідження та обробка експериментальних даних щодо визначення інтервалів руху між автомобілями дозволили підтвердити прийнятий теоретичний розподіл накопичених інтервалів руху між автомобілями транспортного потоку для різних значень інтенсивності руху. Використовуючи отримані дані був визначений відсоток автомобілів транспортного потоку, що рухаються з інтервалом, недостатнім для забезпечення безпеки руху.

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. Досліджувалися місця розташування АЗС на автомобільних дорогах різних категорій в різний час доби. Виходячи з отриманих даних, була встановлена залежність між часткою автомобілів основного потоку, що здійснюють заправку, і відстанню до попередньої АЗС. Встановлено залежність відстані між автозаправними станціями та часткою автомобілів, що здійснюють заправку, від основного потоку. Отримана залежність відображена як експоненціальна крива.

Основним параметром визначення відстані від АЗС до місць масового скупчення людей є її вибухонебезпечність. Знаючи параметри небезпечних зон дії надлишкового тиску на фронті ударної хвилі газоповітряної суміші,

можна визначити майбутнє розташування АЗС, яка планується, або інших будівель, що плануються поруч зі станцією. Дискретний розподіл Пуассона відмінно описує імовірності появи автомобіля за певний період часу.

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.

Проектування ділянки автомобільної дороги в зоні розміщення автозаправної станції полягає у вирішенні однієї з двох задач. Перша – розміщення нових автозаправних станцій на існуючих автомобільних дорогах. Друга – проектування ділянки автомобільної дороги (проект капітального ремонту) з урахуванням зменшення ризику та негативного впливу на автомобільну дорогу від уже існуючих АЗС.

Для вирішення першої задачі 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. Для вирішення другої задачі розглянуті різні методи зменшення негативного впливу можливих аварійних ситуацій та виражені у вигляді «Рекомендаціях 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

Tiutiunnyk YS Improving the design of roads in the locations of gas stations.
- Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.

Thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.22.11 - Roads and airdromes. – National Transport University. Kyiv, 2018.

When designing sections of roads, taking into account the level of road safety, many different tasks are to be dealt with. One of these tasks is the placement of roads in relation to objects that potentially have a dangerous impact on the participants of the movement and, accordingly, the placement of such objects in relation to highways. Among such facilities are the objects of service of highways - filling stations.

Today, the presence of sections of high-risk roads does not take into account the possible consequences of the external negative impact on the flow of vehicles, drivers and passengers who are in such areas. Therefore, the design of sections of highway roads of high danger should be carried out taking into account the possible negative impact of existing service facilities, namely, petrol stations.

The section of the road of high danger can be considered a section of the road which does not correspond to the current conditions of road safety and is characterized as an existing high-risk accident and potentially possible.

Based on statistics on accidents and long-term studies in the field of road safety, criteria were defined for which areas of highways can be classified as high-risk areas. But these criteria do not include external factors of anthropogenic nature, for example, emergency situations at gas stations, which may cause road accidents.

The analysis of methods for determining the safety of traffic has shown that they also do not take into account the possible external influence on sections of motor roads and traffic participants, which under certain conditions can turn such areas into dangerous ones.

The refueling station is an object of increased danger because it is potentially hazardous. The technological process of operation of the gas station is associated with the risk of possible emergencies (fires, explosions, etc.). The most significant negative consequences occur in emergencies, 25% of which occur with the participation of cars. Typical DPT in the locations of the gas station is the entrance to the fence in the branching of streams, the entrance to the processing equipment of gas stations and gas stations, which poses an additional danger of a fire or explosion. According to statistics in recent years, the main causes of accidents in Ukraine are the exceeding of safe speed (20-30%) and violation of maneuver rules (about 20%).

In recent years, accidents with severe consequences in the area of gas stations have been recorded in Ukraine and in the near abroad. Therefore, despite the improvement of the processing equipment of the gas station, the problem of the location of gas stations on highways is relevant.

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 traffic.

Considered possible emergency situations at gas stations, which may arise for various reasons. The most dangerous for the participants of the movement is

the situation with the fuel spill over which a gas-air mixture, which under certain conditions may explode, is formed. Calculations are made for different variants of the gas station's territory planning and the possible spread of excessive pressure in the front of the shock wave that occurs during the discharge.

To determine the quantitative indicators necessary to justify the criteria for the inclusion of road sections to areas of high danger, the following studies have been carried out:

- the regularities of the location of gas stations as potential places of negative factors on the length of the highway are determined;
- the distance from the center of the possible occurrence of negative factors at the gas station to the traffic section of the highway is determined;
- the maximum intensity of traffic on sections of highways in the area of the gas station is set;
- the distribution of time intervals between vehicles of a traffic flow is investigated depending on the intensity of movement;
- determined the number of cars that can be on a section of a motorway of a certain length for a certain time;
- the regularities of the time of finding cars at the gas station and the number of gas stations depending on the intensity of traffic were investigated.

An analysis was made of the location of filling stations on highways in different regions of Ukraine to establish the relationship between the number of gas stations and their remoteness from the city or the adjoining of other highways. Dependence of the location of the gas station along the highways is expressed in terms of power function.

As a result of the study of the distance from the center of the possible occurrence of negative factors at the gas station to the carriageway, it was found that half of the filling stations are located at a distance of up to 20 m from the edge of the travel section. Such a close placement of gas stations to the edge of the roadway poses a potential danger to traffic participants in the event of an emergency. Setting the distance of the filling station to the traffic area, it became

possible to determine the length of the section of the road, which falls under the influence of possible negative influence.

The probability of occurrence of at least one car in a dangerous area is determined, depending on the maximum intensity of traffic flow.

Research and processing of experimental data on the determination of vehicle intervals allowed us to confirm the theoretical distribution of accumulated traffic intervals between vehicles of a traffic flow for different values of traffic intensity. Using the obtained data, the percentage of traffic vehicles moving at intervals was insufficient to ensure traffic safety.

In order to determine the number of cars that may be found on the road section in the event of a possible negative impact from the gas station, a study was made of the number of cars that could be on a section of a motorway of a given length for a certain period of time. The locations of the filling stations on various roads of different periods of the day were investigated. Based on the data obtained, a relationship was established between the share of mainstream car fleet and the distance to the previous gas station. The dependence of the distance between the filling stations and the share of filling vehicles from the main flow is established. The obtained dependence is represented as an exponential curve.

The main parameter for determining the distance from the gas station to places of mass cluster of people is its explosive safety. Knowing the parameters of dangerous areas of excess pressure on the front of the shock wave of the gas-air mixture, you can determine the future location of the gas station, which is planned, or other buildings, which are planned near the station. The discrete Poisson distribution perfectly describes the probability of a car's appearance for a certain period of time.

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.

Designing a section of the highway in the area of the gas station location is to solve one of two problems. The first is the placement of new gas stations on existing highways. The second is the design of a highway section (capital repairs) taking into account the reduction of the risk and the negative impact on the highway from existing gas stations.

In order to solve the first problem, recommendations for the relative placement of the travel section of the road and gas stations, which set the safe distance, depending on the conditions of possible fuel filling in the gas station, were developed. To solve the second problem various methods of reducing the negative impact of possible emergency situations are considered and expressed in the form of "Recommendations on the placement and construction of protective structures in the areas of highways in the area of 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.

Список публікацій здобувача.

У фахових виданнях:

1. 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.

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

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

4. 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.

5. 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.

У закордонних виданнях:

6. 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.

У збірниках доповідей, тез конференцій і семінарів:

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, 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, 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.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1_АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ З УРАХУВАННЯМ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ ТА РОЗМІЩЕННЯ ОБ'ЄКТІВ СЕРВІСУ НА НИХ	23
1.1 Автомобільні дороги з ділянками підвищеної небезпеки для дорожнього руху.....	23
1.2 Аналіз методів визначення безпеки дорожнього руху	26
1.3 Аналіз безпеки руху в зоні розміщення об'єктів сервісу на автомобільних дорогах	35
1.4 Нормативне регулювання розміщення об'єктів сервісу на автомобільних дорогах України	41
1.5 Мета і задачі дослідження	45
1.6 Висновки до розділу:	47
РОЗДІЛ 2_ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ДІЛЯНОК АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ В ЗОНІ РОЗТАШУВАННЯ АЗС.....	48
2.1 Розробка критерію віднесення ділянок автомобільних доріг до небезпечних в зоні розташування автозаправних станцій.....	48
2.2 Аналіз потенційної небезпеки автозаправних станцій.....	58
2.3 Визначення можливих зон впливу негативних факторів на ділянки автомобільних доріг	67
2.4 Розрахунок параметрів дії небезпечних факторів	73
2.5 Висновки до розділу 2	79
РОЗДІЛ 3_ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ НА ДІЛЯНКАХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТА МІСЦЬ РОЗТАШУВАННЯ ТАКИХ ДІЛЯНОК.....	80
3.1 Цілі та задачі експериментального дослідження	80
3.1.1 Планування дослідження.....	81
3.2 Дослідження розташування потенційних небезпечних ділянок автомобільних доріг	87

3.3 Дослідження відстані від автозаправних станцій до проїзної частини автомобільних доріг	92
3.4 Дослідження інтенсивності руху на дорогах різних категорій в місцях розташування автозаправних станцій	95
3.5 Дослідження розподілу інтервалів часу між автомобілями транспортного потоку	100
3.6 Визначення кількості автомобілів на ділянці автомобільної дороги за певний проміжок часу	105
3.7 Встановлення залежності кількості заправок автомобілів від інтенсивності руху транспортного потоку	106
3.8 Дослідження закономірності часу знаходження автомобілів на території автозаправної станції	112
3.9 Висновки до розділу 3	117
РОЗДІЛ 4 УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЯНОК АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ В ЗОНІ РОЗТАШУВАННЯ АЗС.....	
4.1 Методика визначення небезпечних ділянок автомобільних доріг в зоні розташування автозаправних станцій	118
4.1.1 Розрахунок параметрів небезпечної ділянки.....	126
4.2 Проектування ділянки автомобільної дороги в зоні розміщення автозаправної станції	129
4.2.1 Рекомендації щодо розміщення будівель об'єктів сервісу на автозаправних комплексах	130
4.2.2 Проектування захисних споруд на ділянках автомобільних доріг в зоні розташування автозаправних станцій	131
4.2.3 Оцінка економічної доцільності використання захисних споруд на ділянках автомобільних доріг в зоні розташування автозаправних станцій.....	138
4.3 Висновки до розділу 4	142
ВИСНОВКИ.....	143
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	145

ДОДАТОК А РОЗТАШУВАННЯ АВТОЗАПРАВНИХ СТАНЦІЙ ВЗДОВЖ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ І-ОЇ КАТЕГОРІЇ.....	161
ДОДАТОК Б РЕЗУЛЬТАТИ НАТУРНИХ ОБСТЕЖЕНЬ МІСЦЬ РОЗТАШУВАННЯ АВТОЗАПРАВНИХ СТАНЦІЙ ТА ВСТАНОВЛЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ РУХУ В ЦИХ МІСЦЯХ	167
ДОДАТОК В ВСТАНОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ МІЖ КІЛЬКІСТЮ АВТОМОБІЛІВ ТА ІНТЕРВАЛАМИ РУХУ МІЖ НИМИ, В РІЗНИХ УМОВАХ ТА ІНТЕНСИВНІСТЮ РУХУ	177
ДОДАТОК Г РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО РОЗМІЩЕННЯ ТА КОНСТРУКЦІЇ ЗАХИСНИХ СПОРУД НА ДІЛЯНКАХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ В ЗОНІ РОЗТАШУВАННЯ АВТОЗАПРАВНИХ СТАНЦІЙ	179
ДОДАТОК Д СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ВІДОСТІ ПРО АПОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ	186
ДОДАТОК Е ВПРОВАДЖЕННЯ ТА СВІДОТСТВО ПРО РЕЄСТРАЦІЮ АВТОРСЬКОГО ПРАВА НА ТВІР	189

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

БДР – безпека дорожнього руху.

ПЧ – проїзна частина.

ТЗ – транспортний засіб.

АЗС – автозаправна станція.

АЗК – автозаправний комплекс.

ПРК – паливо-роздавальна колонка (в даній роботі розглядається як колонка, що може надавати всі види палива представлені на АЗС).

ППС – паливо-повітряна суміш.

ГПС – газоповітряна суміш.

ВР – вибухова речовина.

ВКМРП – верхня концентраційна межа розповсюдження полум'я.

НКМРП – нижня концентраційна межа розповсюдження полум'я.

МВЗ – можлива вибухонебезпечна зона.

ЛЗР – легкозаймиста речовина.

ВСТУП

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.

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 займались багато науковців: Андреев 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 займались 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 U 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.

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 [74, 75, 142], небезпеки, пов'язані з роботою АЗС [118, 121, 143], розроблені рекомендації щодо розміщення автозаправних станцій [138, 144], виконані розрахунки залежності розміщення автозаправних станцій залежно від відстані [76, 139].

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, 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.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ З УРАХУВАННЯМ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ ТА РОЗМІЩЕННЯ ОБ'ЄКТІВ СЕРВІСУ НА НИХ

1.1 Автомобільні дороги з ділянками підвищеної небезпеки для дорожнього руху

Умови руху на автомобільних дорогах постійно змінюються, що, безумовно, впливає на безпеку дорожнього руху.

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 [1 – 3].

В Законі України «Про автомобільні дороги» приділено значна увага 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 [4]. 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.

Необхідність підвищувати безпеку дорожнього руху оговорювалася в багатьох наукових працях таких вчених як Бабков В.Ф., Білятинський О.А., Гайдукевич В.А., Гамеляк І.П., Гусєв О.В., Дмитрієв М.М., Забишний А.С., Калужський Я.А., Лобанов Є.М., Павлюк Д.О., Поліщук В.П., Сільянов В.В., Старовойда В.П., Філіпов В.В., Хом'як Я.В., Орнатський Н.П. та інших.

На основі статистичних даних про ДТП та багаторічних дослідженнях в сфері безпеки руху було визначено критерії, за якими ділянки автомобільних доріг можна віднести до ділянок підвищеної небезпеки. Насамперед це відноситься до параметрів елементів автомобільних доріг та їх сполучення. Найбільш небезпечними вважаються наступні елементи доріг [5, 6]:

1. Ділянки доріг, що проходять через населені пункти. Такі ділянки характеризуються збільшенням інтенсивності руху як транспортного потоку так і пішоходів, наявністю нерухомих перешкод, автомобілів, що стоять біля краю проїзної частини, обмеженою видимістю.

Принципами трасування автомобільних доріг на підходах до міст та через населені пункти займались такі вчені: Білятинський О.А. та Хом'як Я.В. [7], Старовойда В.П. [7, 8] та інші [9].

2. Ділянки з низькими зчіпними якостями покриття та недостатньою рівністю.

Вплив нерівного дорожнього одягу на зчіпні якості поверхні з колесом автомобіля вивчали науковці ще з минулого століття і до сьогодні, а саме: Акоп'ян Р.А., Бронштейн Л.А. [10], Висоцький М.С. [11], Запорожцев А.В. [12], Кіяшко І.В. [13 – 15], Петрушов В.А. [16], Ротенберг Р.В. [17], Дмитриченко М.Ф., Дмитрієв М.М., Гамеляк І.П. [18], Павлюк Д.О. [19] та інші.

3. Затяжні круті підйоми та схили.

Дослідженнями впливу поздовжнього профілю на рух автомобілів транспортного потоку та безпеку виникнення ДТП займались Бабков В.Ф. та Андрєєв О.В. [20], Хавкін К.А. та Дашевський Л.Н. [21].

4. Криві в плані малого радіусу.

Вплив елементів траси на безпеку руху вивчали Бабков В.Ф та Андрєєв О.В. [20], Білятинський О.А. та Старовойда В.П. [22].

5. Ділянки з обмеженою видимістю в плані та поздовжньому профілі.

Залежністю безпеки руху від видимості в поздовжньому профілі займались Хавкін К.А. та Дашевський Л.Н. [21], видимості в плані – Ройзман А.С. [23]. Вплив благоустрою придорожньої зони на безпеку руху частково висвітлювався в роботах Лобанова Є.М. [24], Орнатського Н.П. [25], Дзеніса П.Я. та Рейнфельда В.Р. [26], Ткаченко І.В. [27] та Бабкова В.Ф. [28].

6. Мости та шляхопроводи з недостатньою шириною проїзної частини.

Одними з недавніх дослідників безпеки руху на мостах та шляхопроводах є Редченко В.П. [29], Губенко В.Ф., Бондар Т.В., Гончаренко Ф.П., Олійник Т.М., Ковальов П.М. [30].

7. Місця розділення та злиття транспортних потоків – пересічення та примикання автомобільних доріг в одному рівні, перехідно-швидкісні смуги.

Безпека дорожнього руху на перетинах в одному рівні залежить від напрямку й інтенсивності потоків руху, що перетинаються, кількості точок перетинань, злиття і відокремлення потоків, відстані між ними. Оцінкою безпеки руху на пересіченнях займалися такі науковці як Сільянов В.В. та Домке Е.Р. [5], Фишельсон М.С. [31], Лобанов Е.М. [32], Поліщук В.П. [33], Чумаков Д.Ю. [34], Пальчик А. М. [35], Дзюба О.П. [33], Неізнестна Н.В. [36].

8. Довгі прямі ділянки на відкритій місцевості, де однотипний придорожній ландшафт сприяє втраті уваги водієм та призводить до неконтрольованого підвищення швидкості.

Питаннями ергономіки, психофізіології водія, інженерної психології на автомобільному транспорті, безпеки дорожнього руху займались Гюлев Н.У. [37], Кизима С.С. [38], Гайдукевич В.А. [39], Гусев Г.Ф. та багато інших в провідних вузах країни.

9. Короткі ділянки в понижених місцевостях, де в несприятливу погоду утворюються тумани та ожеледиця.

Особливості роботи покриттів в несприятливу погоду досліджували такі науковці як Васильєв А.П. [40 – 41], Гамеляк І.П. [42], Хом'як Я.В. [43], Бабков В.Ф. [6, 20], Біруля А.К. [44] та інші.

1.2 Аналіз методів визначення безпеки дорожнього руху

Розробкою методів визначення безпеки дорожнього руху та їх застосуванням в проектуванні автомобільних доріг займались багато вчених, зокрема: Бабков В.Ф., Андреев О.В., Лобанов Є.М., Сільянов В.В., Поліщук В.П., Четверухін Б.М. та інші [2 – 3, 5 – 45].

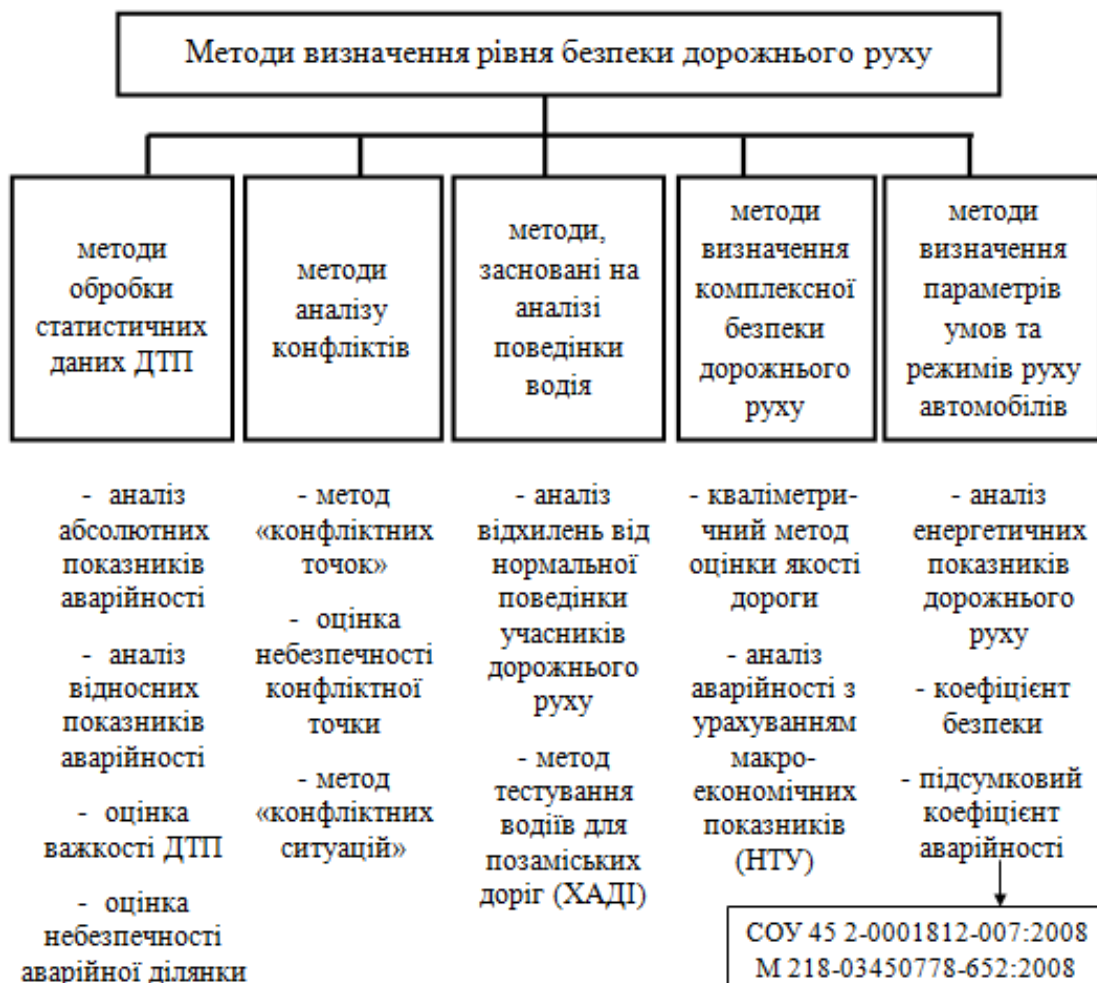


Рисунок 1.1 – Класифікація методів визначення рівня безпеки дорожнього руху

На дорогах, що запроектовані за сучасними будівельними нормами, можуть виникати лише небезпечні ситуації в результаті перевищення водіями розрахункових швидкостей або швидкостей, що відповідають коефіцієнтам зчеплення шин з покриттям при погіршенні погодних умов [5].

Для оцінки безпеки дорожнього руху застосовуються методи, засновані на визначенні показників, які характеризують захищеність учасників руху. Птиця Г.Г. [3] в роботі, присвяченій визначенню рівня безпеки дорожнього руху, запропонував класифікацію існуючих методів визначення БДР з виділенням п'яти груп за типом вхідних параметрів (рис. 1.1).

Всі методи застосовуються для різних цілей та задач і мають свої переваги та недоліки. Деякі методи набули більш широкого використання на практиці та знайшли відображення в нормативних вимогах.

Перша група методів визначення рівня безпеки дорожнього руху заснована на обробці статистичних даних ДТП. Методи визначення абсолютних показників аварійності характеризують ступінь небезпеки ділянки дороги в залежності від кількості подій та кількості постраждалих за певний проміжок часу і застосовують відносні показники безпеки (коефіцієнти відносної аварійності або коефіцієнти дорожньо-транспортних подій) [3, 45, 46, 47]:

а) коефіцієнт відносної аварійності визначається як кількість ДТП на 1 млн. авт. км пробігу з урахуванням інтенсивності руху потоку N (авт./добу) протягом року на ділянці автомобільної дороги довжиною l (км) [48]:

$$k_a = \frac{10^6 \cdot \sum n_{\text{ДТП}}}{(365 \cdot N \cdot l)}, \quad (1.1)$$

де n – кількість ДТП за рік;

N – інтенсивність руху транспортного потоку, авт./добу;

l – це довжина ділянки автомобільної дороги, км.

б) коефіцієнт відносної аварійності на коротких ділянках визначається як кількість ДТП на 1 млн. автомобілів, що пройшли через цю ділянку [48]:

$$k_a = \frac{\sum n_n \cdot 10^7}{365 \cdot N}. \quad (1.2)$$

в) Оцінка важкості наслідків ДТП проводиться за допомогою коефіцієнту тяжкості ДТП (k_t), який визначається за відношенням кількості загиблих ($\sum n_y$) до кількості постраждалих ($\sum n_p$) за певний період часу [49]:

$$k_t = \frac{\sum n_y}{\sum n_p}, \quad (1.3)$$

де $\sum n_y$ – кількість загиблих у дорожньо-транспортних подіях;

$\sum n_p$ – кількість постраждалих в результаті дорожньо-транспортної події.

г) показник відносної небезпеки конкретного місця концентрації ДТП, який виявлено за допомогою топографічного аналізу дорожньо-транспортних подій з тяжкими наслідками. Для визначення показника небезпечності V_0 ділянки місць концентрації ДТП використовують формулу [50]:

$$V_0 = p_0 \cdot n_0 + p_1 \cdot n_1 + p_2 \cdot n_2 + p_3 \cdot n_3, \quad (1.4)$$

де $p_0, \dots, p_3$ – умовні коефіцієнти тяжкості наслідків дорожньо-транспортних подій;

$n_0, \dots, n_3$ – кількість ДТП відповідно з матеріальними збитками, легким пораненням, важким пораненням, загибеллю людей.

До другої групи належать методи, засновані на аналізі конфліктів між учасниками руху:

а) Метод конфліктних точок був запропонований Раппопортом Г. [51]. Найпростіша методика п'ятибальної системи оцінки перетину доріг ґрунтується на визначенні точки роз'єднання, злиття і перетину потоків. Складність будь-якого перетину визначається залежністю [45, 51]:

$$m = n_p + 3 \cdot n_z + 5 \cdot n_n, \quad (1.5)$$

де n_p , n_z , n_n – кількість точок роз'єднання, злиття і перетину потоків, відповідно.

Десятибальна система оцінки конфліктних точок дає можливість більш детально аналізувати їх на будь-якій ділянці автомобільної дороги, в залежності від типу конфліктних точок та наявного пересічення (кута):

- роз'єднання – 1 бал,
- злиття – 2 бали,
- перехрещення під кутом 30° – 3 бали, 60° – 4 бали, 90° – 6 балів, 120° – 7 балів, 150° – 9 балів та 180° (рух на зустріч) – 10 балів.

б) метод, заснований на використанні даних статистики ДТП в конфліктних точках між напрямками потоків [52, 53]. Небезпечність конфліктної точки на перехрещенні прямо залежить від зростання інтенсивності руху потоків, що перетинаються в цій точці, та визначається двома показниками.

Імовірна кількість ДТП в i -тій конфліктній точці на 10 млн. автомобілів, що проїхали, визначається наступним чином [52, 53]:

$$g_i = k_i \cdot M_i \cdot N_i \cdot \frac{25}{k_\tau} \cdot 10^{-7}, \quad (1.6)$$

де K_i – відносна аварійність даної конфліктної точки, ДТП/10 млн. авт.;
 M_i , N_i – інтенсивності взаємодіючих в даній конфліктній точці транспортних потоків, авт./добу.;

k_τ – коефіцієнт річної нерівномірності руху по місяцях;

25 – коефіцієнт обліку середньої кількості робочих днів на місяць.

Показник аварійності визначає небезпеку перетину [52, 53]:

$$k_a = \frac{G \cdot 10^7 \cdot k_\tau}{(N_{\text{сум}} + M_{\text{сум}}) \cdot 25}, \quad (1.7)$$

де $M_{\text{сум}}$, $N_{\text{сум}}$ – інтенсивності руху на головній і другорядній дорогах, авт./добу;

G – імовірна кількість ДТП в усіх можливих i -тих конфліктних точках.

в) методи, що ґрунтуються на оцінці кількісного показника конфліктності [54]. Вони базуються на визначенні мінімальної інтенсивності руху N_{min} серед конфліктуючих в кожній точці потоків та коефіцієнтів небезпеки $K_{\text{неб}}$ в залежності від типу маневру, які мають значення: точка перетину – 12; злиття зліва – 5; злиття справа – 4; відгалуження – 2. Загальний показник для G_n перетину формується з суми оцінок для кожної конфліктуючої точки i :

$$G_n = \sum_{i=1}^n K_o \cdot G_i, \quad (1.8)$$

$$G_i = \frac{K_o \cdot N_{\text{min}}}{10^4} \quad (1.9)$$

г) метод «конфліктних ситуацій», що застосовують при розробці проектів реконструкції складних ділянок доріг [55, 56]. Показником наявності «конфліктних ситуацій» є зміна швидкості або траєкторії руху автомобіля. Ступінь небезпеки цієї ситуації характеризується негативними поздовжніми і поперечними прискореннями, які виникають при маневрах автомобілів. Число «конфліктних ситуацій» кожного типу визначається при реконструкції доріг методом спостережень, а при новому будівництві –

методами математичного моделювання. Кількість «конфліктних ситуацій», приведених до критичного значення K_{kc} , визначається залежністю [17]:

$$k_{KC} = 0,44 \cdot K_1 + 0,83 \cdot K_2 + K_3, \quad (1.10)$$

де K_1 – кількість легких «конфліктних ситуацій» на 1 км за одиницю часу;

K_2 – кількість середніх «конфліктних ситуацій»;

K_3 – кількість критичних «конфліктних ситуацій» за період спостережень, рівний одиниці часу.

До третьої групи належать методи визначення безпеки дорожнього руху на основі аналізу відхилень від нормальної поведінки учасників дорожнього руху. В дослідженнях Клеббельсберга Дітера [57] відзначається, що водійська діяльність відбувається в складній психологічній взаємодії водія та умов руху.

Показниками безпеки дорожнього руху є кількість транспортних конфліктів і порушень правил дорожнього руху учасниками, а поведінка учасників руху розглядається як системна характеристика безпеки дорожнього руху [57, 58], яка визначається шляхом спостереження (візуальним або апаратним) за поведінкою водія за 40 критеріями якості водіння і виставленням бальної оцінки.

Ще один метод цієї групи був розроблений в Харківському автомобільно-дорожньому інституті [59]. Суть методу *тестування водія* на ділянках заміських доріг полягало у встановленні ступеня небезпеки умов руху за показниками взаємодії системи «людина – автомобіль» і її компонентів з дорожніми умовами в процесі руху по дорозі. Як показники взаємодії застосовували:

- імовірність підтримки заданої швидкості руху;
- характеристики функціонального стану організму водія;

– швидкість процесів управління і характеристики маневреності автомобіля.

Методи визначення комплексної безпеки дорожнього руху представлені комплексним підходом та аналізом до визначення безпеки дорожнього руху. Сіденко В.М. та Рибальченко А.А. запропонували кваліметричний метод оцінки якості дороги, близький за ідеєю до методів бальної оцінки. В ньому комплексно враховувались три групи факторів, що впливають на безпеку руху – технічні, ергономічні та економічні [60].

У роботах Поліщука В.П. [61, 62] разом з методами аналізу аварійності для визначення керуючих впливів і першочерговості їх реалізації запропоновано враховувати макроекономічні показники територіальної одиниці, до якої відноситься розглянута ділянка автомобільної дороги. Це дозволяє на різних рівнях управління (державному, обласному, районному) проводити планування бюджетних коштів, необхідних для підвищення безпеки дорожнього руху:

$$F = D - S \rightarrow \min. \quad (1.11)$$

Цільова функція (F) задоволення потреб суспільства в підвищенні рівня БДР на мережі доріг загального користування полягає в прагненні мінімізувати різницю у втратах суспільства від ДТП (S) і витратах суспільства на удосконалення умов безпечного руху автомобільними дорогами (D). Даний метод можна застосовувати для вибору пріоритету у фінансуванні заходів підвищення рівня БДР на автомобільних дорогах загального користування і спрямовання удосконалення системи управління БДР в цілому [45, 61, 62].

В п'яту групу виділені методи, які враховують умови руху транспортного потоку.

Одним з методів оцінки відносної небезпеки руху на дорогах є аналіз енергетичних показників дорожнього руху, який ґрунтується на результатах

дослідження рівномірності руху окремих транспортних засобів або режиму руху транспортного потоку [63]. До енергетичних показників дорожнього руху відносяться: коефіцієнт безпеки, градієнти швидкості й енергії, а також величина кінетичної енергії транспортного засобу (Дж) або потужність руху транспортного потоку (Дж/с), які в разі виникнення ДТП визначають загальний матеріальний збиток.

На практиці часто використовують інженерні методи Бабкова В.Ф. [6], що дозволяють достатньо просто визначати навіть на стадії проектування доріг небезпечні ділянки, що потребують покращення. До таких відносяться методи коефіцієнтів безпеки та коефіцієнтів аварійності [64 – 66].

Коефіцієнтом безпеки $K_{без}$ називається відношення максимальної швидкості руху, що забезпечується тією чи іншою ділянкою дороги (v) до максимально можливої швидкості в'їзду автомобілів на цю ділянку (v_{ex}) [6]:

$$K_{без} = \frac{v}{v_{ex}}. \quad (1.12)$$

Ділянки доріг оцінюють за ступенем небезпеки для руху виходячи зі значень коефіцієнтів безпеки наведених в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Ступень небезпеки відповідно коефіцієнтів безпеки

$K_{без}$	Менше 0,4	0,4...0,6	0,6...0,8	Більше 0,8
Характеристика ділянки дороги	Дуже небезпечно	Небезпечно	Мало-небезпечно	Майже безпечно

Підсумковий коефіцієнт аварійності $K_{ав}$ представляє собою добуток коефіцієнтів, що враховують вплив окремих елементів плану і профілю дороги [6, 20, 66 – 69]:

$$K_{ав} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \dots \cdot k_{17}. \quad (1.13)$$

де $K_1, K_2, \dots, K_{17}$ – коефіцієнти, рівні відношенню числа дорожньо-транспортних подій на ділянці при тому чи іншому параметрі елемента плану і профілю дороги до числа дорожньо-транспортних пригод на еталонній горизонтальній прямій ділянці дороги з проїзною частиною шириною 7,5 м, шорстким дорожнім покриттям і укріпленими узбіччями. Значення коефіцієнтів аварійності наведені в ВСН 25 – 86 «Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах» [70].

Метод коефіцієнтів аварійності здобув широкого використання і постійно удосконалювався. Зміни та покращення були направлені на врахування кількості ДТП, наявності декількох смуг руху, врахування підходів до мостів, наявності гірських умов руху тощо [6, 65, 71, 72].

Метод коефіцієнтів аварійності не враховує взаємозалежність часткових коефіцієнтів аварійності, тому спеціалісти дорожніх проектних та експлуатаційних організацій часто оцінюють умови руху на інженерно-інтуїтивному рівні.

В роботі Птиці Г.Г. [3] запропонована методика експрес-аналізу рівня безпеки дорожнього руху на ділянках автомобільних доріг для проведення аудиту дорожньої безпеки, результатом якої є визначення показника потенційної небезпеки ділянок автомобільних доріг загального користування. Цей метод враховує зв'язок деяких часткових коефіцієнтів аварійності в п'яти кластерах та зменшує похибку, що виникає при використанні коефіцієнтів аварійності.

В роботі [45] детально проаналізовано переваги та недоліки методів визначення безпеки дорожнього руху. Але всі відомі методи не враховують можливого зовнішнього впливу на ділянки автомобільних доріг та учасників руху, що при певних умовах може перетворити такі ділянки на небезпечні.

1.3 Аналіз безпеки руху в зоні розміщення об'єктів сервісу на автомобільних дорогах

Об'єкти дорожнього сервісу – спеціально облаштовані місця для зупинки маршрутних транспортних засобів, майданчики для стоянки транспортних засобів, майданчики відпочинку, видові майданчики, автозаправні станції, пункти технічного обслуговування, мотелі, готелі, кемпінги, торговельні пункти (у тому числі малі архітектурні форми), автозаправні комплекси, складські комплекси, пункти медичної та технічно-евакуаційної допомоги, пункти миття транспортних засобів, пункти приймання їжі та питної води, автопавільйони, а також інші об'єкти, на яких здійснюється обслуговування учасників дорожнього руху та які розміщуються на землях дорожнього господарства або потребують їх використання для заїзду та виїзду на автомобільну дорогу [4].

Об'єкти сервісу призначені для обслуговування різних потреб водіїв та пасажирів. Але одночасно місця для заїзду на територію об'єктів та виїзду на автомобільну дорогу є місцями розділення та злиття транспортних потоків, що характеризується як небезпечна ділянка. Також, при влаштуванні нових об'єктів сервісу перехідно-швидкісні смуги часто влаштовуються недостатньої довжини або не влаштовується необхідна розділювальна смуга.

Серед всіх об'єктів сервісу автозаправна станція (АЗС) є потенційно небезпечним об'єктом. До потенційно небезпечних об'єктів відносять об'єкти, на яких можуть використовуватися або виготовляються, переробляються, зберігаються чи транспортуються небезпечні речовини, біологічні препарати, а також інші об'єкти, що за певних обставин можуть створити реальну загрозу виникнення аварії [73]. Робота АЗС пов'язана з ризиком виникнення надзвичайних ситуацій (пожежі, вибухи та ін.) [74 – 76].

Враховуючи вище сказане, доцільно провести детальніший аналіз аварійних ситуацій в місцях розташування об'єктів сервісу.

Типовими ДПТ в місцях розташування об'єктів сервісу є:

- наїзд на огороження при розгалуженні потоків;
- наїзд на автопавільйони на зупинках маршрутних транспортних засобів;
- наїзд на технологічне обладнання АЗС та АЗК – що несе додаткову небезпеку виникнення пожежі чи вибуху.

Причинами аварійних ситуацій можуть бути:

- недотримання нормативних вимог при проектуванні розміщення об'єктів сервісу;
- недостатня видимість;
- низькі транспортно-експлуатаційні показники ділянки дороги;
- перевищення швидкості водієм чи погіршення погодних умов.

Згідно статистичних даних за останні роки в Україні основними причинами аварій є перевищення безпечної швидкості (20 – 30 %) та порушення правил маневрування (близько 20 %) [75 – 81].

За останні роки в Україні та в близькому зарубіжжі були зафіксовані аварії з тяжкими наслідками в зоні розташування АЗС.

В місті Кременчук 22 квітня 2014 року на АЗС, що розташована на вулиці 60 років Жовтня, сталось ДТП, в результаті якого загорівся автомобіль «Опель-Омега» (рис. 1.2). Полум'я майже повністю зруйнувало автомобіль. Причиною ДТП було перевищення водієм безпечної швидкості, в результаті чого водій не впорався з керуванням та врізався в газову установку. Водій та пасажир автомобіля встигли залишити автомобіль і ніхто не постраждав [82].

21 квітня 2013 року в Одесі водій в стані алкогольного оп'яніння на великій швидкості вїхав на територію АЗС, здійснив наїзд на працівника АЗС та продовжив рух доки не врізався в стіну споруди [83].

Ще одна аварія сталась в Іллічівську 26 травня 2013р. Автомобіль виїхав на зустрічну смугу, де зіткнувся з іншим автомобілем, в результаті чого був відкинутий на територію АЗС. Автомобіль «Жигулі», що їхав позаду, теж не уникнув зіткнення. В результаті ДТП 2 людей загинуло [84].



Рисунок 1.2 – Аварія в місті Кременчук 22 квітня 2014 року

24 січня 2013 на автотрасі Київ-Чоп виникла аварійна ситуація на автозаправній станції. В умовах слизької дороги з вантажівкою RENO, що заїжджала на територію станції, зіткнувся автомобіль MAN з вантажем поліпропілену. В результаті удару автомобіль рекламні щити та колонку з дизельним паливом. Люди в ДТП не постраждали, але автомобілі отримали значні пошкодження і суттєвих збитків зазнали власники автозаправної станції [85].

Також ДТП можуть бути спричинені аварійними ситуаціями на об'єктах сервісу (наприклад, АЗС).

22 квітня на АЗС в м. Переяслав-Хмельницькому під час вибуху шість чоловік загинуло, сім – поранено. Вибух стався в результаті витоку газу. Уламки споруд та обладнання розлетілись на відстань до 50 метрів, постраждало накриття над колонками, але пожежа далі не поширилась [86]. Рух на автомобільній дорозі був обмежений протягом значного часу.

10 січня 2015 року на автодорозі Київ – Чернігів – Нові Яриловичі, поблизу міста Бровари, в результаті підпалу сталася пожежа та, як наслідок, вибух двох ємностей з паливом, які були розташовані на відстані 30 м від

будівлі АЗС (рис. 1.3). Ліквідація пожежі тривала 12 годин, протягом яких автомобільна дорога була повністю перекрита [87, 88].



Рисунок 1.3 – Аварія на АЗС в результаті горіння ємностей з паливом в м. Бровари



Рисунок 1.4 – Наслідки аварії на АЗС в результаті вибуху ємностей з паливом в м. Ташкент

На рис. 1.4 показано наслідки аварії на АЗС в м. Ташкент, Республіка Узбекистан, де 1 квітня 2012 року відбувся вибух ємності з паливом [89]. Особливістю цієї аварії є те, що АЗС розташована в безпосередній близькості

до перонів залізничного вокзалу, на якому постійно знаходиться значна кількість людей.



Рисунок 1.5 – Аварія на АЗС в м. Махачкала



Рисунок 1.6 – Наслідки аварії на АЗС в м. Махачкала

Чотири людини постраждали в результаті вибуху і подальшої пожежі на АЗС в м. Махачкала (РФ) [90]. Причиною пожежі став вибух автомобіля-цистерни, який призвів до займання палива на самій АЗС (рис. 1.5 – 1.6).

Автозаправна станція розташована на перетині проспектів – найжвавіших у місті. У безпосередній близькості від автозаправки знаходяться декілька кафе, ресторанів і зупинок громадського транспорту.

11 травня 2015 року, близько 13 години у Вінниці стався вибух на автозаправній станції поблизу Старогородського мосту [91]. На АЗС сталася серія вибухів і почалося загоряння – стовп вогню піднімався на висоту близько 10 метрів (рис. 1.7). Попередньо причиною події називали «технічні несправності» при перекачуванні скрапленого газу з автоцистерни у підземні ємності.



Рисунок 1.7 – Вибух на автозаправній станції в м. Вінниця

Причини аварійних ситуацій, що можуть призвести до до пожеж, вибухів та забруднення навколишнього середовища наведені в табл. 1.2 [92].

Таблиця 1.2 – Причини виникнення аварійних ситуацій

№ п/п	Причини аварійних ситуацій	%
1	Використання несправного обладнання	59,1
2	Порушення технологічного режиму	26,8

Закінчення табл. 1.2

№ п/п	Причини аварійних ситуацій	%
3	Пуск несправного обладнання	7,5
4	Порушення правил ремонтних робіт	4,7
5	Недодержання правил зупинки технологічної установки	1,9

Як видно з табл. 1.2 головними чинниками аварійних ситуацій, що викликають пожежі, вибухи і загазованість, є використання несправного обладнання та порушення технологічного режиму на АЗС.

1.4 Нормативне регулювання розміщення об'єктів сервісу на автомобільних дорогах України

Основним документом, що регламентує розташування об'єктів сервісу на автомобільних дорогах в нашій країні, є ДБН В.2.3-4:2015. «Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Проектування. Будівництво» [93].

Визначення виду об'єктів сервісу разом зі спорудами спеціального призначення, які входять до складу об'єкту сервісу, та місце розташування їх на автомобільній дорозі необхідно здійснювати на основі техніко-економічного обґрунтування та соціальної доцільності [93].

Обладнання об'єктів сервісу, їх розташування повинні відповідати вимогам ДСТУ 3587 [94]. Освітлення об'єктів сервісу і перехідно-швидкісних смуг на під'їздах до них необхідно призначати відповідно до ДСТУ 3587. При необхідності передбачається влаштування прямого острівця, обладнаного відповідно до ДСТУ Б.В.2.3-9 [95] та ДСТУ 2735–94 [96].

Згідно ДБН В.2.3-4:2015 існують певні обмеження та заборони щодо розташування об'єктів сервісу на автомобільних дорогах, в тому числі перехідно-швидкісних смуг, які влаштовані на підходах до них:

- ближче ніж 150 м від дорожніх розв'язок в одному рівні (при відсутності перехідно-швидкісних смуг);

- ближче ніж 100 м від шляхопроводів та мостів, які не є елементами транспортної розв'язки в різних рівнях;
- ближче ніж 100 м від залізничних переїздів;
- ближче ніж 25 м до зони транспортної розв'язки;
- на перехідно-швидкісних смугах;
- на пішохідних і велосипедних доріжках;
- на зупинках транспорту громадського користування;
- на штучних спорудах;
- на ділянках доріг з ухилом більше 40 %;
- в місцях, де коефіцієнт безпеки менше ніж 0,8 або коефіцієнт аварійності більше ніж 20;
- на ділянках з радіусом кривої у поздовжньому профілі менше нормативного для даної категорії;
- ближче ніж 500 м один від одного;
- якщо капітальні споруди розташовуються від крайки проїзної частини дороги на відстані меншій 25 м для доріг I-б – III категорій та 15 м для доріг IV і V категорій в усіх випадках, коли за місцевими умовами можлива поява на дорозі людей або тварин, слід забезпечувати бічну видимість придорожньої смуги.

Так як АЗС та АЗК віднесені до потенційно небезпечних об'єктів, при їх проектуванні необхідно розробляти оцінку впливу на навколишнє середовище (ОВНС) згідно ДБН А.2.2-1 [97]. Також необхідно проводити ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки відповідно до [73]. Декларацію безпеки складають на основі досліджень ступеня небезпеки та оцінки рівня ризику виникнення аварій згідно [98].

В таблицях 1.3 та 1.4 наведені рекомендовані відстані між об'єктами сервісу згідно [93 та 99].

Потужність АЗС (кількість заправок на добу) визначається розрахунком в залежності від інтенсивності руху та складу транспортного потоку.

Майданчики відпочинку повинні бути обладнані місцями для харчування, джерелом питної води, телефоном, пунктом технічного огляду, контейнером для сміття та туалетом [93].

Таблиця 1.3 – Відстані між АЗС та АЗК для різних категорій доріг

Категорія дорogi	Розрахункова перспективна інтенсивність руху		Відстані між АЗС, км	Розміщення АЗС
	у транспортних одиницях	у приведених до легкового автомобіля		
1-а	понад 10000	понад 14000	15-20*	*-для кожного напрямку руху
1-б	понад 10000	понад 14000	15-20*	
II	від 3000 до 10000	від 5000 до 14000	35-40	-
III	від 1000 до 3000	від 2500 до 5000	50-60	-
IV	від 150 до 1000	від 300 до 2500	60-80	-
V	до 150	до 300	60-80	-

Таблиця 1.4 – Відстані між майданчиками відпочинку

Категорія дорogi	Розміри майданчиків, автомобілів	Відстані між майданчиками, км	Розміщення майданчиків
I	≥ 20	15-20	вздовж проїзної частини необхідно відокремлювати від основного проїзду розділювальною смугою завширшки не менше ніж 2,7 м.
II	≥ 15	15-20	
III	≥ 10	25-30	
IV	≥ 5	35-40	-

Пункти станцій технічного обслуговування рекомендується розташовувати на відстані: для доріг I категорії – від 50 км до 60 км, для доріг II – III категорій – від 70 км до 90 км.

На дорогах I-б, II та III категорій автобусні зупинки слід розташовувати не частіше ніж через 3 км, а в курортних районах і густонаселених місцевостях – 1,5 км.

Багато науковців займались питаннями розміщення об'єктів сервісу, благоустроєм автомобільних доріг та безпекою руху в зоні розміщення таких об'єктів.

Трескинський С.А. в своєму дослідженні [100] рекомендує розташовувати об'єкти сервісу в залежності від розрахункової швидкості руху (v). Наприклад, відстань між АЗС повинна не перевищувати $1,3 v$; місця для відпочинку, туалети – $0,2 v$; кафе, їдальні – $0,4 v$; мотелі, кемпінги – $1,0 v$.

Кіяшко І.В. за результатами власних досліджень рекомендує середні відстані розташування об'єктів дорожнього сервісу в залежності від категорій автомобільних доріг (табл. 1.5) [101].

Таблиця 1.5 – Середні відстані розташування об'єктів дорожнього сервісу

Об'єкти дорожнього сервісу	Категорія дороги			
	Ia – Ib	II	III	IV – V
Об'єкти довготривалого відпочинку	60	80	100	120
Майданчики відпочинку	15 – 20*	25-35	40	50-60
Пункти харчування	30	35-40	40-50	50-60
АЗС	30*	40 – 50*	80	100
СТО	30*	40 – 50	80	100
Пункти технічного обслуговування автомобілів	15 – 20*	25 – 30	40	50 – 60
Туалети	15 – 20*	25 – 30	40	50
Пункти аварійно-викличного зв'язку	20*	30	40	50
Примітки: * – для автомобільних доріг I та II категорії розташування об'єктів дорожнього сервісу пропонується з обох сторін від дороги.				

Орнадський Н. П. наводить теоретичну модель оптимального розміщення споруд обслуговування дорожнього руху [25]:

$$P = f \cdot (L, N, P_p, Z_p, \bar{v}, A, t, n), \quad (1.14)$$

де L – довжина дороги, км;

N – інтенсивність руху, авт./добу;

P_p – щільність населених пунктів у районі прокладання автомобільної дороги;

Z_p – зона поїздки;

$\bar{v}$ – середня швидкість руху на маршруті, км/год;

A – привабливість споруд обслуговування та їх дохідність;

T – час перебування водіїв та пасажирів на об'єктах обслуговування, год;

n – кількість тих, хто проїжджає по дорозі та користується певним видом послуги.

Трескинський С.А. фактично пропонує орієнтуватись на час який автомобіль проведе в дорозі. Кіяшко І.В. орієнтується на кількість автомобілів, що можуть потребувати послуг сервісу. А Орнадський Н.П. рекомендує зважати на територіальне розміщення ділянки дороги відносно населених пунктів та інших доріг, що є більш доцільним.

1.5 Мета і задачі дослідження

Проведений аналіз виявив, що питанням забезпечення необхідного рівня безпеки дорожнього руху приділяється значна увага спеціалістів, в розроблена велика кількість методів визначення безпеки.

Дослідники розглядали різні чинники та аспекти, що мають вплив на безпеку дорожнього руху. Як правило, в результаті оцінки рівня безпеки дорожнього руху ми можемо визначити певні ділянки автомобільних доріг, що можуть вважатись небезпечними.

Проведений аналіз дозволив виявити, що об'єкти сервісу автомобільної дороги, а саме автозаправні станції та автозаправні комплекси, бувають небезпечними, призводять до виникнення аварійних ситуацій, мають вплив

на безпеку дорожнього руху. В разі виникнення небезпечних ситуацій на АЗС та АЗК можливі суттєві соціальні й економічні збитки, а також негативний вплив на навколишнє середовище.

Мета дисертаційної роботи. Удосконалення проектування автомобільних доріг на ділянках розташування АЗС 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 типові проекти ділянок автомобільних доріг в зоні розташування АЗС з урахуванням забезпечення безпечних умов дорожнього руху.

1.6 Висновки до розділу:

1) Аналіз ділянок підвищеної небезпеки на автомобільних дорогах показав, що небезпеку для руху може створювати як невіддале поєднання геометричних елементів автомобільних доріг так і неправильні суб'єктивні рішення учасників руху.

2) Аналіз методів проектування доріг з урахуванням рівня безпеки дорожнього руху виявив, що існує і використовується в практичній діяльності значна кількість показників визначення рівня безпеки дорожнього руху, які враховують технічні параметри автомобільних доріг та транспортно-експлуатаційні показники транспортних потоків.

3) Проаналізовано вплив автозаправних станцій на безпеку дорожнього руху в зоні їх розміщення та причини виникнення аварійних ситуацій, пов'язаних як з порушенням технологічних операцій, несправностями обладнання так і з рухом автомобілів на території автозаправної станції та на автомобільних дорогах.

4) Аналіз нормативного регулювання розміщення об'єктів сервісу на автомобільних дорогах України показав, що не відображені вимоги щодо взаємного розташування автозаправних станцій відносно проїзної частини автомобільних доріг.

5) Аналіз методів визначення ділянок підвищеної небезпеки на автомобільних дорогах показав, що ці методи не враховують потенційної небезпеки від можливих аварійних ситуацій на об'єктах, розташованих поряд з автомобільною дорогою.

6) В розділі висвітлені розрахунки з опублікованих статей [74 – 76].

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ДІЛЯНОК АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ В ЗОНІ РОЗТАШУВАННЯ АЗС

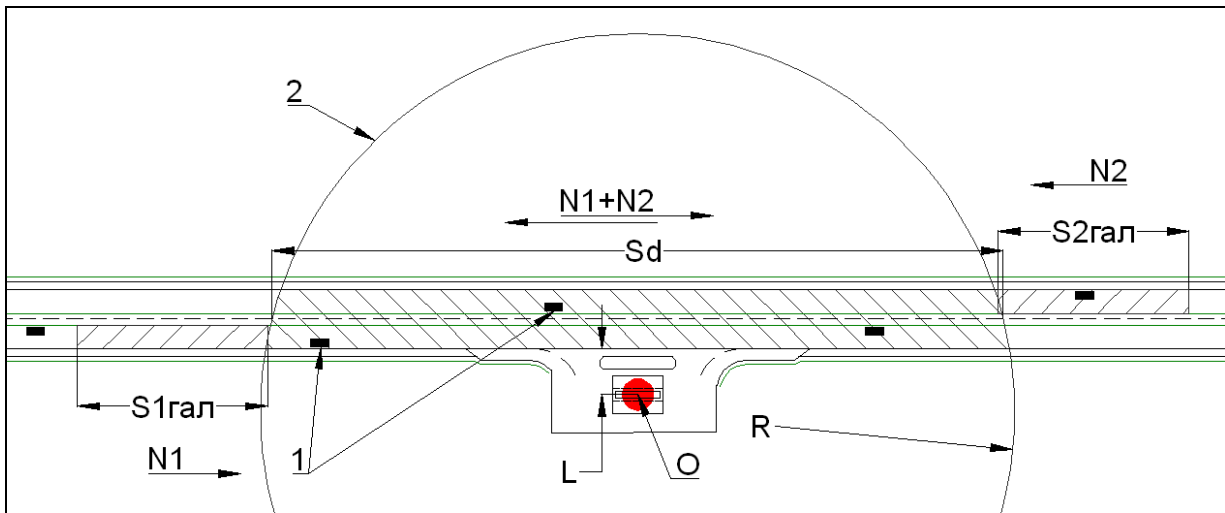
2.1 Розробка критерію віднесення ділянок автомобільних доріг до небезпечних в зоні розташування автозаправних станцій

Деякі ділянки автомобільних доріг вважаються небезпечними із-за невеликого поєднання геометричних елементів автомобільних доріг, що досить часто впливає на помилки водіїв при виборі режиму руху, та спостерігається невідповідність геометричних елементів автомобільних доріг вимогам руху транспортних потоків.

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 – наприклад, аварійна ситуація на АЗС, що супроводжується полум'ям та виникненням зони підвищеного тиску, 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 розглянемо схему, яка наведена на рисунку 2.1.



де 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; $S_{1\text{гал}}$, $S_{2\text{гал}}$ – 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 2.1 – 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 $S_{1\text{гал}}$ та $S_{2\text{гал}}$, 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 $S_{1\text{гал}}$ та $S_{2\text{гал}}$ залежать від швидкості руху на даній ділянці автомобільної дороги, що зумовлено існуючими умовами руху.

До розрахункової схеми довжини гальмівного шляху закладено дві величини [7, 102]:

$$S_{i\text{гал}} = l_1 + l_2, \text{ м} \quad (2.1)$$

де l_1 – шлях, що проходить автомобіль за період реакції водія, м;

l_2 – шлях, що проходить автомобіль від початку гальмування до зупинки автомобіля, м.

Шлях, що проходить автомобіль за період реакції водія визначають за такою залежністю [7, 99]:

$$l_1 = v \cdot t / 3,6, \text{ м} \quad (2.2)$$

де v – швидкість руху автомобіля на початок гальмування, км/год;

t – час реакції водія [7, 102]:

$$t = t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3, \text{ с} \quad (2.3)$$

де t_1 – час, протягом якого водій усвідомлює необхідність гальмування, с;

t_2 – час запізнення спрацювання гальмівного приводу транспортних засобів, с;

t_3 – час наростання сповільнення, с.

Шлях, що проходить автомобіль за період повного гальмування визначається за формулою [7, 102]:

$$l_2 = v^2 / 26 \cdot j, \text{ м} \quad (2.4)$$

де v – швидкість руху автомобіля на початок гальмування, км/год;

j – прискорення автотранспортних засобів, м/с².

Загальна формула визначення довжини гальмівного шляху з урахуванням формул 2.2 – 2.4, буде мати вигляд:

$$Si_{\text{гал}} = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \cdot \frac{v}{3,6} + \frac{v^2}{26 \cdot j}, \text{ м} \quad (2.5)$$

Час проїзду ділянки автомобільної дороги в одному напрямку ($t_{\text{пр}}$) довжиною S , яка визначається як сума довжина ділянки автомобільної дороги, для якої існує вплив зовнішніх факторів, та довжини гальмівного шляху автомобілями транспортного потоку, залежить від швидкості руху транспортного потоку і визначається:

$$t_{\text{пр}} = \frac{S_d + Si_{\text{гал}}}{v}, \text{ м} \quad (2.6)$$

де v – швидкість руху автомобілів транспортного потоку, м/с.

Виникнення небезпечних факторів на автозаправних станціях може відбутись лише в певні проміжки часу, не постійно. Як правило, це може статись при зливі пального з автоцистерн в сховища на території АЗС. Імовірність виникнення такої аварійної ситуації буде визначатись як відношення кількості таких аварійних ситуацій до кількості процесів зливу пального протягом року.

В будь якому випадку, при виникненні аварії, пов'язаної з переливом палива, імовірність того, що постраждає принаймні один автомобіль дорівнює 1, автоцистерна точно потрапить в зону впливу небезпечних факторів. Імовірність того, що кількість автомобілів більше одного буде залежати від того, яка кількість автомобілів знаходиться на автомобільній дорозі та в зоні дії небезпечних факторів на території АЗС.

Кількість автомобілів, які можуть знаходитись на ділянці автомобільної дороги довжиною S , буде залежати від інтенсивності руху та розподілу інтервалів руху між автомобілями транспортного потоку. Дослідженнями розподілу інтервалів руху транспортного потоку та імовірності появи автомобілів на ділянках автомобільних доріг в різних задачах застосування математичних методів, використанням методів теорії масового

обслуговування займалося багато вчених, таких як Гріншільдс Б.Д. [103, 104], Д. Дрю [105], Ф. Хейт [106], Філіппов В.В. [107, 108], Сільянов В.В. [5, 109], Поліщук В.П. [33, 61, 62] та інші.

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 [109]:

$$P_i(t) = e^{-\lambda t} \cdot \frac{(\lambda \cdot t)^n}{n!}, \quad (2.7)$$

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

$n!$ – факторіал натурального числа n ;

n – кількість автомобілів, що можуть з'явитись на ділянці можливого негативного впливу;

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

t – час, за який може з'явитись n автомобілів, рівний $t_{пр}$ (2.6), с.

Імовірність того, що на ділянці дороги довжиною S не з'явиться автомобіль, тобто $n=0$, буде дорівнювати:

$$P_0(t) = e^{-\lambda t} \cdot \frac{(\lambda \cdot t)^0}{0!} = e^{-\lambda t}. \quad (2.8)$$

Імовірність того, що на ділянці дороги довжиною S з'явиться хоча б один автомобіль, буде дорівнювати:

$$P_{n \geq 1}(t) = 1 - P_0(t) = 1 - e^{-\lambda t}. \quad (2.9)$$

Умови руху в зустрічному напрямку можуть відрізнитись, що впливатиме на швидкість руху транспортного потоку та час проїзду заданої ділянки. Інтенсивність руху транспортного потоку, як правило, теж

відрізняється за напрямками руху. При розрахунках за різними напрямками руху необхідно враховувати час проїзду t_3 та інтенсивність руху транспортного потоку λ_3 в зворотному напрямку.

Поява автомобілів на одній смузі не залежить від появи автомобілів на зустрічній, тому ці події сумісні одна з одною [110, 111]. Імовірність того, що на ділянці будуть знаходитись автомобілі, може бути визначена:

$$P_{n \geq 1}^{\text{зар}} = P_{n \geq 1}(t) + P_0(t) \cdot (1 - P_0^3(t_3)), \quad (2.10)$$

$$P_{n \geq 1}^{\text{зар}} = 1 - e^{-\lambda t} \cdot e^{-\lambda_3 t_3}. \quad (2.11)$$

При однакових значеннях йнтенсивності руху та часу проїзду ділянки автомобільної дороги в обох напрямках імовірність появи більше одного автомобіля може бути виражена:

$$P_{n \geq 1}^{\text{зар}} = 2 \cdot P_{n \geq 1}(t) - (P_{n \geq 1}(t))^2, \quad (2.12)$$

$$P_{n \geq 1}^{\text{зар}} = 1 - (e^{-\lambda t})^2. \quad (2.13)$$

Отже, можна вважати, що дана ділянка довжиною S є небезпечною з певною імовірністю $P_{n \geq 1}^{\text{зар}}$.

Використавши формулу (2.7) були побудовані графіки (рис. 2.2), на яких показана імовірність того, що на ділянці будуть знаходитись автомобілі, при різній інтенсивності руху транспортного потоку. Час проїзду небезпечної ділянки, для прикладу, прийнятий $t_{\text{пр}} = 10\text{с}$.

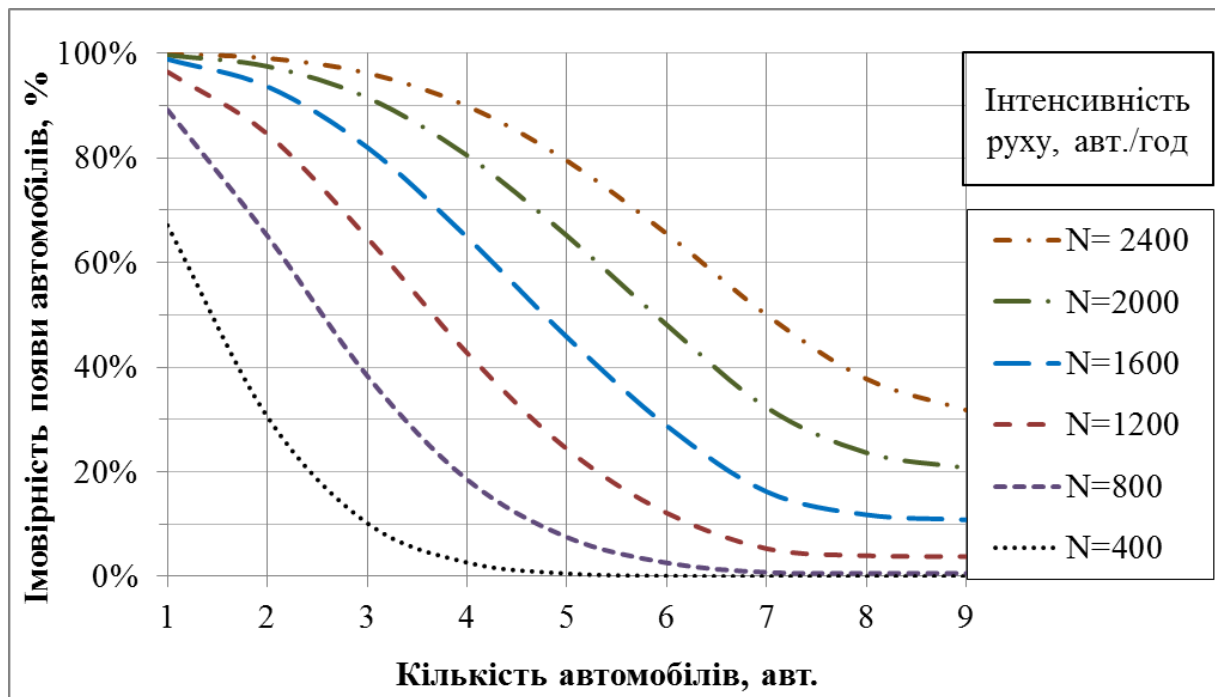


Рисунок 2.2 – Графік визначення імовірності знаходження автомобілів на ділянці дороги за час $t_{пр} = 10$ секунд

З рисунку 2.2 видно, що при інтенсивності руху на автомобільній дорозі сумарно в обох напрямках $N=400$ авт./год імовірність появи двох і більше автомобілів в будь якому напрямку руху дорівнює 20%, а імовірність появи одного та більше автомобілів – 67%. При інтенсивності руху на автомобільній дорозі $N=2400$ авт./год імовірність появи за час $t_{пр} = 10$ с п'ять і більше автомобілів в будь якому напрямку руху рівна 43%, а імовірність появи одного та більше автомобілів – 99,9%.

В даній моделі важлива поява хоча б одного автомобіля на потенційно небезпечній ділянці за відповідний час проїзду цієї ділянки. Тому, імовірність появи хоча б одного автомобіля можливо виразити у вигляді графіків (рис. 2.3), вважаючи, що інтенсивність руху в обох напрямках рівна, як залежність імовірності появи автомобіля від інтенсивності для різних величин $t_{пр}$.

З рисунку 2.3 слідує, що при інтенсивності руху 570 авт./год, якщо час проїзду потенційно небезпечної ділянки $t_{пр} = 3$ с, імовірність появи понад одного автомобіля складе 37% , при $t_{пр} = 7$ с – 55%, а при $t_{пр} = 11$ с – 81%.

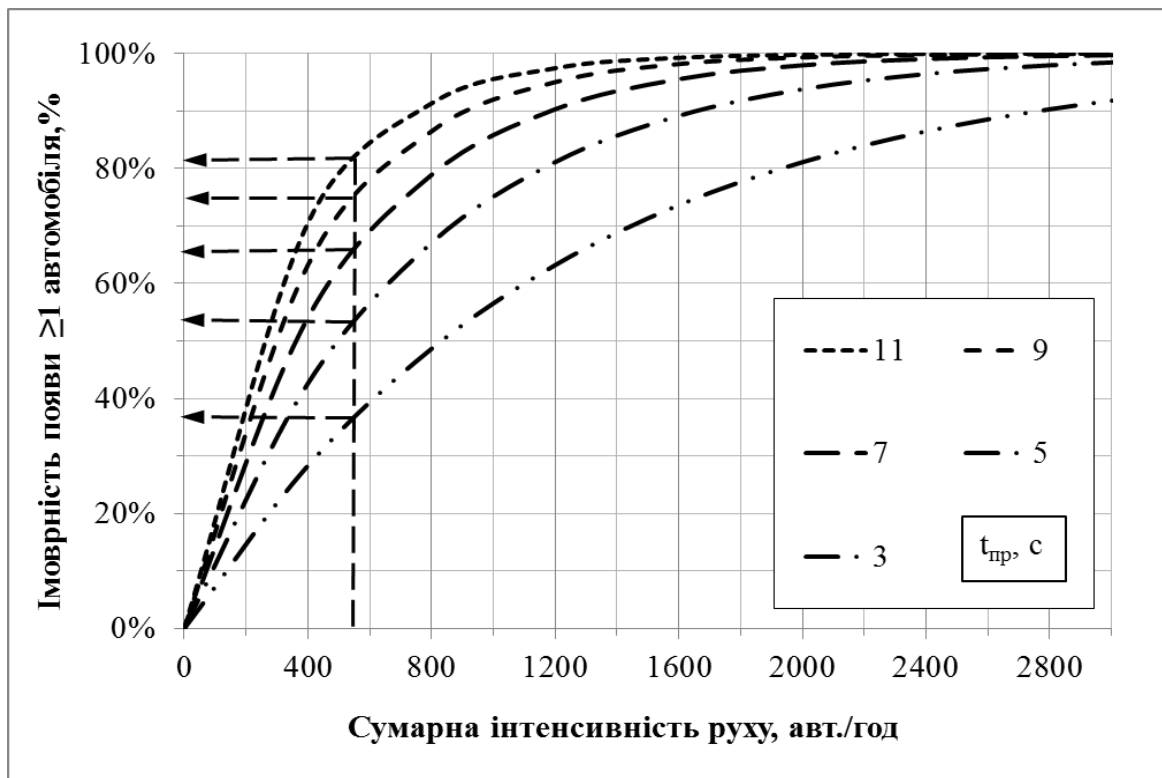


Рисунок 2.3 – Графік визначення імовірності знаходження автомобілів на ділянці дороги при зміні інтенсивності руху та часу

Припускаємо, що особливо небезпечною є ситуація, коли в небезпечній зоні знаходиться декілька автомобілів, які знаходяться на незначній відстані один від одного. При виникненні небезпечної ситуації дії водіїв автомобілів є непередбачуваними, хоча очікуємо, що водії будуть застосовувати екстрене гальмування. Відстань між двома автомобілями, що слідує в одному напрямку буде визначатись як добуток інтервалу руху між автомобілями на їх швидкість.

При рівних експлуатаційних характеристиках двох автомобілів, що слідує в одному напрямку, час слідування між автомобілями буде безпечним у тому випадку, коли він перевищує час реакції водія другого автомобіля. Час реакції водія залежить від дорожньо-транспортної ситуації. Якщо водій має об'єктивну можливість завчасно виявити ознаки можливого виникнення перешкоди, достатньо точно визначити місце, де з'явиться перешкода, момент виникнення перешкоди, її характер, а також вчасно

вжити необхідних заходів для відвернення ДТП, час реакції водія буде рівним 0,6 с. Якщо водій має об'єктивну можливість завчасно виявити явні ознаки вірогідного виникнення перешкоди, але міг не мати можливості завчасно достатньо точно визначити місце, де з'явиться перешкода, момент виникнення перешкоди, її характер, а також вчасно вжити необхідних заходів для відвернення ДТП, час реакції водія буде рівним 0,8 с. Якщо ж у полі зору водія не було об'єктів, які могли стати перешкодою для руху, або ж не мав об'єктивної можливості завчасно визначити місце, де з'явиться перешкода, момент виникнення перешкоди, її характер, а також вчасно вжити необхідних заходів для уникнення ДТП, час реакції водія буде рівним 1,4 с [102].

Розподіл інтервалів між автомобілями транспортного потоку залежить від інтенсивності руху, складу потоку та інших умов (рис. 2.4)

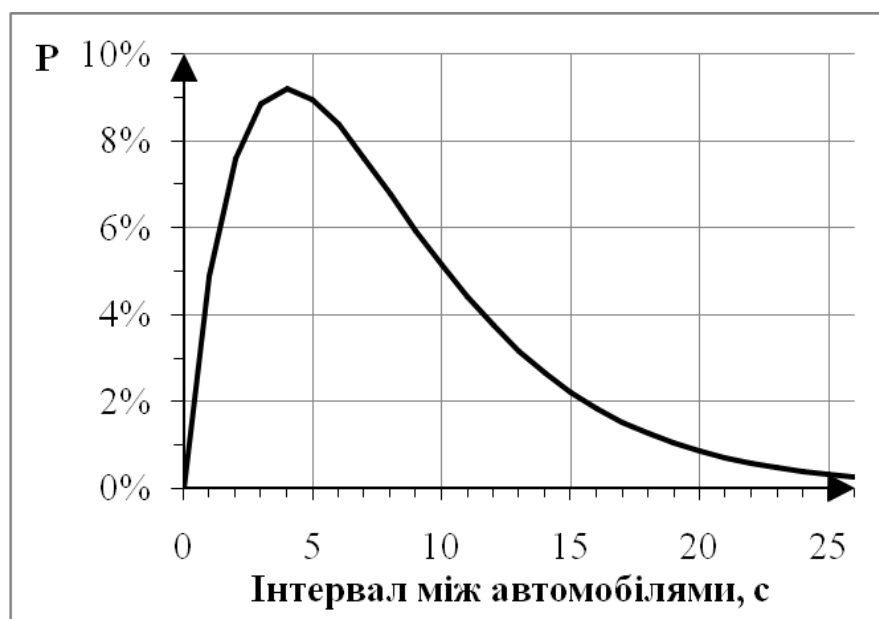


Рисунок 2.4 – Теоретичний розподіл імовірності інтервалу руху між автомобілями транспортного потоку

На рисунку 2.4 графічно відображена імовірність того, що заданий інтервал руху між двома автомобілями може скласти певну величину. Але необхідно врахувати й той інтервал руху, що менший за заданий, тобто час

реакції водія другого автомобіля. Врахувати всі інтервали руху, що менші, можна побудувавши кумулятивну криву, тобто накопичити всі імовірності інтервалів руху, що передують заданому інтервалу руху (рис 2.5).

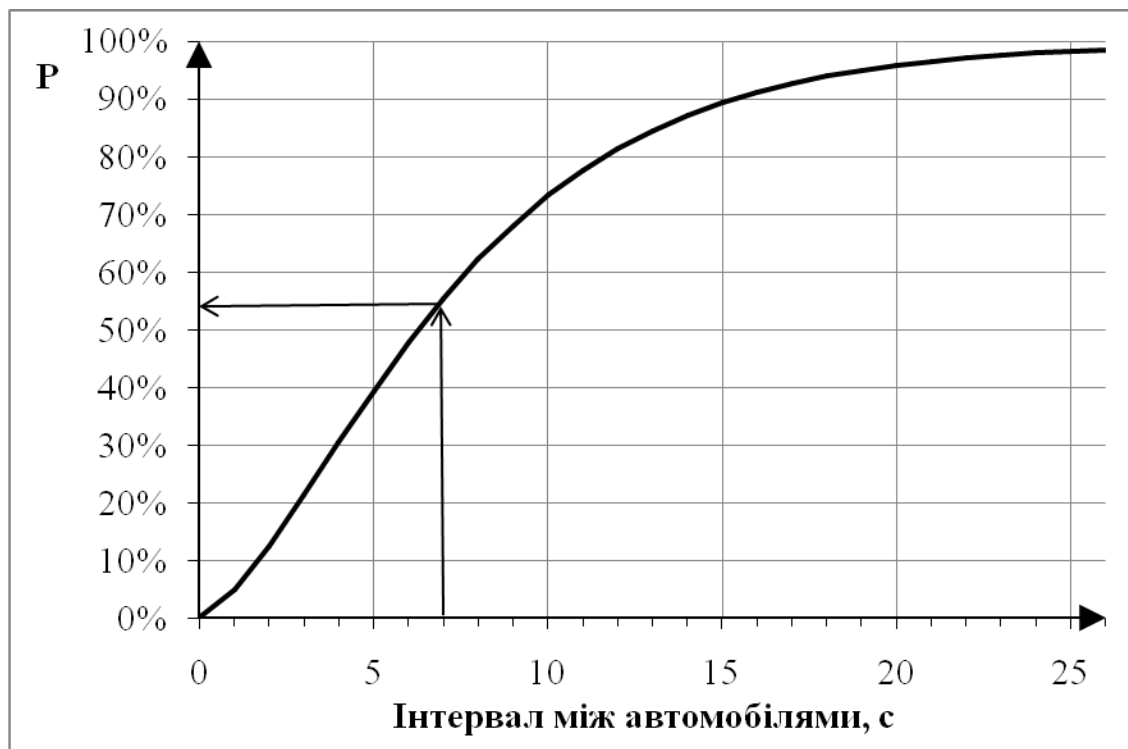


Рисунок 2.5 – Теоретичний розподіл накопиченої імовірності інтервалу руху між автомобілями транспортного потоку

З рисунку 2.5 можна встановити відсоток автомобілів, що будуть рухатись з інтервалом меншим заданого. Наприклад, з інтервалом руху між автомобілями менше 7 секунд буде рухатись 55 % від транспортного потоку.

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 1 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.

2.2 Аналіз потенційної небезпеки автозаправних станцій

Автозаправні станції є об'єктами сервісу на автомобільних дорогах і останнім часом спостерігається збільшення їх кількості понад нормативних вимог щодо їх розміщення на автомобільних дорогах. Для визначення потенційної небезпеки, яку може становити автозаправна станція, необхідно провести аналіз її роботи та встановити можливі зони впливу негативних факторів в разі виникнення аварії на АЗС.

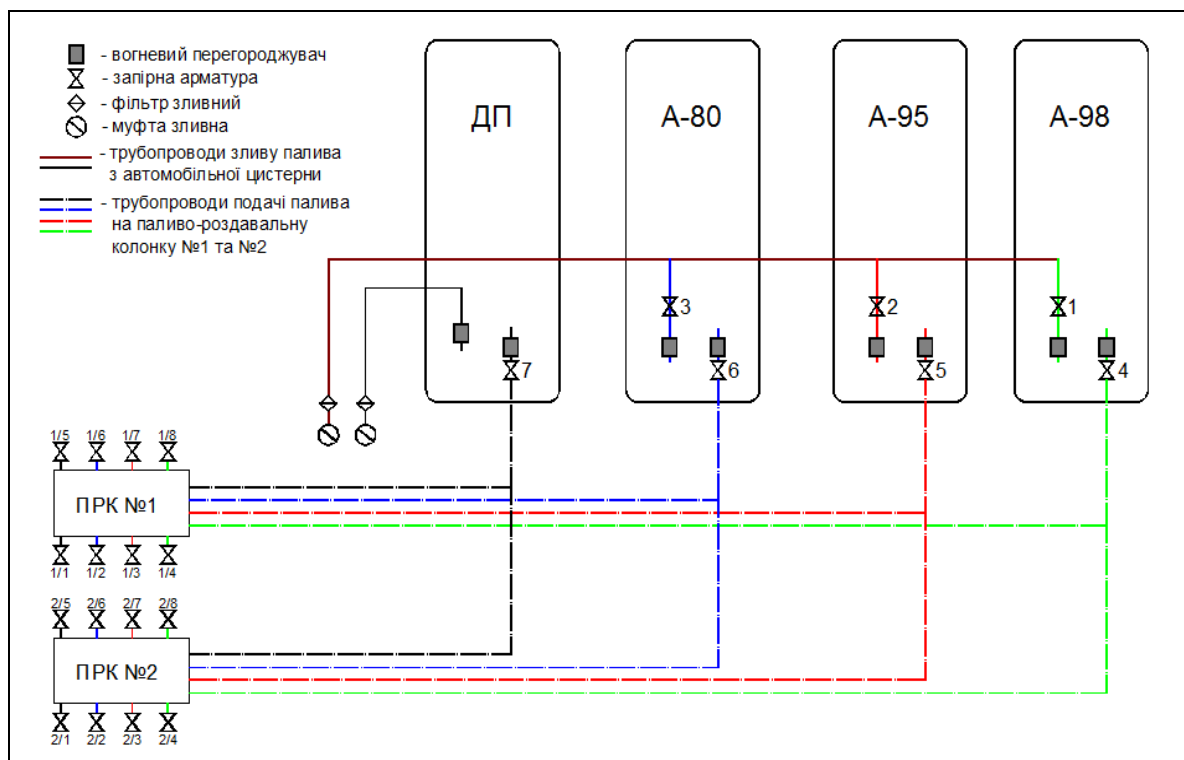


Рисунок 2.6 – Типова технологічна схема обладнання автозаправної станції

На рисунку 2.6 наведено типове розміщення сховищ нафтопродуктів, трубопроводів та паливо-роздавальних колонок на АЗС.

На АЗС здійснюються такі технологічні операції [112, 113]:

- приймання нафтопродуктів з автомобільних цистерн;

- зберігання нафтопродуктів в резервуарах;
- заправка автотранспортних засобів нафтопродуктами – бензином А-80, А-92, А-95, А-98 і дизельним паливом: зимовим (ДЗ) або літнім (ДЛ).

До складу АЗС входять такі технологічні об'єкти [111 – 115]:

1. Будинок АЗС (складається з приміщення для оператора і інших допоміжних приміщень).
2. Резервуарний парк.
3. Паливо-роздавальні ділянки.

Доставка палива на АЗС здійснюється, як правило, автомобільним транспортом. Прийом палива із автоцистерни в резервуари здійснюється через прийомні пристрої. Злив палива з автоцистерни в резервуари проводиться за допомогою насосної установки автоцистерни [114, 115].

Подача палива з резервуару проводиться насосними установками паливо-роздавальних колонок. Це обладнання складається з прийомного клапану, кутового вогневого запобіжника, арматури та з'єднуючих металевих трубопроводів.

Для заправки автотранспорту дизельним паливом і бензином обладнують заправні островки з одним чи двома паливо-роздавальними колонками, які, зазвичай, розташовані під навісом. Колонка складається з модулів, які обладнані роздавальним пістолетом. Керування колонками здійснюється дистанційно з операторської за допомогою дистанційного керування.

Роздавальні крани обладнані відсічними клапанами, які запобігають переливу палива при переповненні паливного баку автомобіля.

Автозаправні станції та комплекси (АЗС та АЗК) відносяться до об'єктів підвищеної небезпеки, тому що вони потенційно несуть небезпеку. Технологічний процес роботи АЗС пов'язаний з ризиком виникнення можливих надзвичайних ситуацій (пожежі, вибухи та ін.)

Об'єктом підвищеної небезпеки (потенційної небезпеки) називається об'єкт, на якому використовуються, виготовляються, переробляються,

зберігаються або транспортуються одна або декілька небезпечних речовин чи категорій речовин у кількості, що дорівнює або перевищує нормативно встановлені порогові маси, а також інші об'єкти як такі, що відповідно до закону, є реальною загрозою виникнення надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру [116].

Визначення небезпечного впливу можливої пожежі (вибуху) здійснюється на основі нормативних вимог, розроблених відповідними державними органами з урахуванням найбільш небезпечних умов виникнення аварійних ситуацій, що пов'язані з порушенням умов безпечної експлуатації об'єкта, можливого впливу зовнішніх [117].

Будь-який об'єкт господарської діяльності можуть визнати потенційно небезпечним (ПНО), якщо там використовуються небезпечні речовини. Для цього проводять ідентифікацію таких об'єктів. Ідентифікація ПНО передбачає аналіз структури об'єктів господарської діяльності та характеру їх функціонування для встановлення факту наявності або відсутності джерел небезпеки, які за певних обставин можуть ініціювати виникнення НС, а також визначення рівнів можливих НС.

Потенційно небезпечний об'єкт вважається об'єктом підвищеної небезпеки відповідного класу у разі, коли значення сумарної маси небезпечної або декількох небезпечних речовин, що використовуються або виготовляються, переробляються, зберігаються чи транспортуються на об'єкті, перевищує встановлений норматив порогової маси.

Процедура ідентифікації вважається закінченою, якщо виявиться, що сумарна маса хоча б однієї з усіх видів небезпечних речовин на потенційно небезпечному об'єкті дорівнює або перевищує норматив порогової маси [117]:

$$\frac{q^i}{Q^i} \geq 1, \quad (2.14)$$

де g_i – сумарна маса небезпечної речовини, що знаходиться на об'єкті, т;

Q_i – норматив порогової маси цієї небезпечної речовини, т [117].

У випадку, коли відстань від цього об'єкта до місць великого скупчення людей, транспортних магістралей, промислових, природоохоронних і життєво важливих цивільних об'єктів менша, ніж 500 метрів для небезпечних речовин групи 1 і 2 або 1000 метрів для небезпечних речовин групи 3, пороговою масою вважається маса небезпечних речовин, що визначається як [117]:

$$Q_{ik} = Q_i \cdot \left(\frac{R_x}{R_n} \right)^2, \quad (2.15)$$

де Q_{ik} – норматив порогової маси небезпечних речовин для потенційно небезпечних об'єктів;

Q_i – норматив порогової маси індивідуальних небезпечних речовин або категорій (груп) небезпечних речовин;

R_x – відстань від потенційно небезпечного об'єкта до місць великого скупчення людей, транспортних магістралей, промислових, природоохоронних і життєво важливих цивільних об'єктів, м;

R_n – гранична відстань, починаючи з якої проводиться перерахунок нормативу порогової маси, м (для речовин 1 і 2 групи R_n дорівнює 500 метрів, для речовин групи 3 – 1000 метрів).

Якщо розрахована сумарна маса небезпечних речовин на потенційно небезпечному об'єкті перевищує порогову масу (2.14), об'єкту присвоюється відповідний клас підвищеної небезпеки.

АЗС, які розташовані в межах міст, біля населених пунктів на автомобільних дорогах, практично завжди знаходяться на відстані меншій ніж 500м до місць великого скупчення людей, транспортних магістралей, промислових, природоохоронних і життєво важливих цивільних об'єктів.

Автомобільні бензини та дизельне паливо, які використовуються АЗС, відносяться до категорії "Горючі рідини", відповідно до нормативу порогова маса яких для 1 класу становить 50 000 т, для 2 класу – 5 000 т. Як правило, місткість АЗС не перевищує 120 т небезпечних речовин.

За формулою (2.15) було побудовано графік (рис 2.7), який показує залежність між Q_{ik} та відстанню від АЗС до місць великого скупчення людей, автомобільних доріг, промислових, природоохоронних і життєво важливих цивільних об'єктів.



Рисунок 2.7 – Залежність порогової маси небезпечних речовин від відстані до об'єктів

Розрахунки виконані для величини відстані до проїзної частини автомобільної дороги або інших вищезначених об'єктів 10 – 80 м. Отже, як видно з рис. 2.7 при пороговій масі небезпечних речовин на АЗС в кількості 50 т, яка розміщена на відстані до 50 м від об'єктів, вказаних вище, вона буде відповідати другому класу небезпеки. А якщо АЗС буде розташована ближче 18 м – першому класу небезпеки. Якщо відстань до об'єктів буде більша за 50 м, АЗС можна вважати безпечною.

Для оцінки небезпеки об'єкта розраховується загальний енергетичний потенціал та категорія вибухонебезпеки технологічного обладнання.

Найбільшу небезпеку для людей і матеріальних цінностей становлять вражаючі фактори вибуху та вогневих куль.

Енергію вибуху парогазових середовищ визначають за теплотою згорання горючих речовин в суміші з повітрям (окислювачем). Важливою характеристикою енергії вибуху є сумарне енерговиділення. В офіційній нормативно-технічній документації цей показник називається енергетичним потенціалом і входить до всіх параметрів, що характеризують масштаби та наслідки вибуху [117].

Для кожного конкретного об'єкту, що становить потенційну небезпеку, проводять аналіз енергетичного потенціалу і рівня небезпеки [117, 118].

Утворення вибухонебезпечних сумішей газів і пари з повітрям відбувається, як правило, за порівняно короткий час і вибухи цих сумішей володіють великою руйнівною силою. Сила такого вибуху визначається умовно розрахованою енергією, приведеною до тротилового еквівалента. Сумарний енергетичний потенціал об'єкту оцінюється по загальній кількості небезпечних речовин, що знаходяться в одноразовому обігу.

Загальний енергетичний потенціал вибухонебезпеки технологічного об'єкта, стадії, блоку характеризується сумою енергій адіабатичного розширення парогазової фази (ПГФ), повного згорання пари, що утворюється з рідини при аварійній розгерметизації ємностей і апаратів. В скороченому виді цей потенціал визначається, кДж [117]:

$$E = E_1 + E_2, \quad (2.16)$$

де E_1 – сума енергій згорання ПГФ, яка знаходиться в аварійному блоці (апараті), кДж;

E_2 – енергія згорання ПГФ, яка надійде до місця розгерметизації від суміжних об'єктів, кДж.

Сума енергій згорання ПГФ, яка знаходиться в аварійному блоці, визначається як:

$$E_1 = \Sigma G_1 \cdot q_i, \quad (2.17)$$

де G_1 – маса газу чи пари рідини в апараті, кг;

q_i – питома теплота згорання речовини, кДж/кг.

Енергію згорання ПГФ, яка надійде до місця розгерметизації від суміжних об'єктів можна визначити за формулою:

$$E_2 = \Sigma G_2 \cdot q_i, \quad (2.18)$$

де G_2 – маса газу чи пари рідини, яка поступить до місця розгерметизації від суміжних об'єктів (блоків), кг.

За значеннями загальних енергетичних потенціалів вибухонебезпеки визначаються величини інших показників, які характеризують рівень вибухонебезпеки технологічних блоків [117]:

– загальна маса горючих парів (газів) вибухонебезпечної парогазової хмари (m), приведена до єдиної питомої енергії згорання, яка дорівнює 46 000 кДж/кг [117]:

$$m = \frac{E}{4.6 \cdot 10^4}, \text{ кг} \quad (2.19)$$

– відносний енергетичний потенціал вибухонебезпеки (Q_v) технологічного блоку, який знаходиться за формулою [117]:

$$Q_v = \frac{1}{16,534} \cdot \sqrt[3]{E} \quad (2.20)$$

За значеннями відносних енергетичних потенціалів (Q_v) і приведеної маси парогазового середовища (m) здійснюється класифікація (категорування) технологічних стадій (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Класифікація технологічних стадій за вибухонебезпекою

Категорія вибухонебезпеки	$Q_{\text{в}}$	m , кг
I	більше 37	більше 5 000
II	27 – 37	2 000 – 5 000
III	менше 27	менше 2 000

Сумарний енергетичний потенціал E визначається наступним чином [116]:

$$E = G \cdot q_i, \quad (2.21)$$

де q_i – питома теплота згоряння бензину, $q_i = 44\,520$ кДж;

G – маса парів бензину, кг:

$$G = z \cdot M \quad (2.22)$$

де $z = 0,05-0,1$ – коефіцієнт переходу рідкої фази у пароподібну (в даному випадку приймаємо $z = 0,1$).

M – маса рідкої фази бензину, кг:

$$M = V \cdot k \cdot \rho \quad (2.23)$$

де V – сумарний об'єм резервуарів, м^3 ;

k – ступінь заповнення резервуарів;

ρ – густина бензину, яка в середньому дорівнює 730 кг/м^3 . Тоді, з урахуванням формул 2.21 – 2.23, сумарний енергетичний потенціал становитиме:

$$E = z \cdot V \cdot k \cdot \rho \cdot q_i \quad (2.24)$$

З формули (2.24) видно, що E залежить від об'єму резервуарів та ступеню їх заповнення бензином.

Для прикладу ступінь заповнення резервуарів прийнято $k = 0,8$ та об'єм резервуарів V від 10 до 200 м³. Таким чином отримана залежність m та Q_v від V зі ступенем заповнення резервуарів 0,8 виражені наступними графіками (рис. 2.8 та рис.2.9).

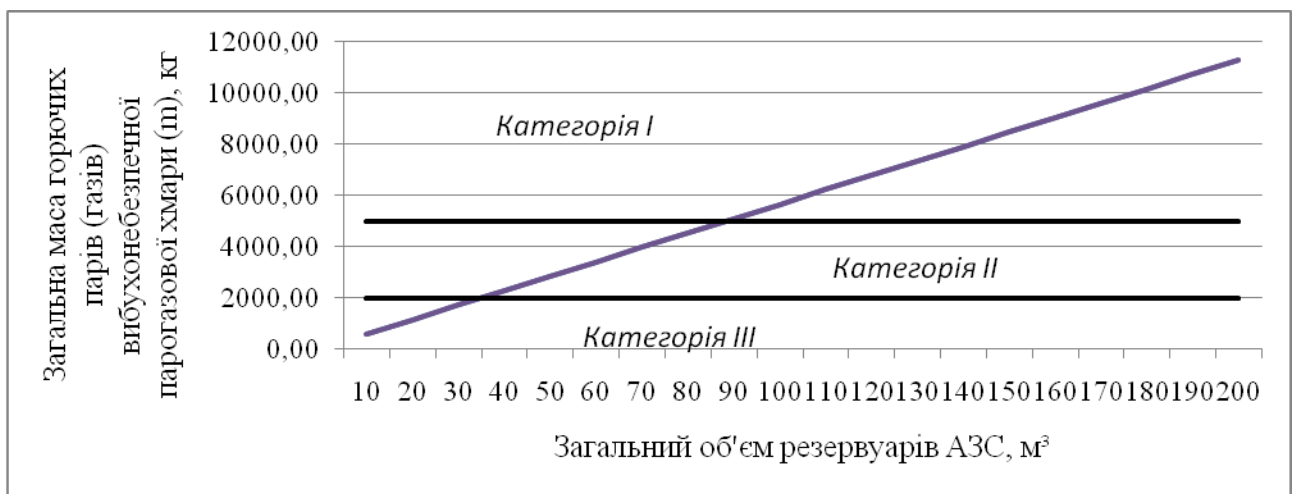


Рисунок 2.8 – Графік залежності m (загальної маси горючих парів (газів) вибухонебезпечної парогазової хмари) від V (загального об'єму резервуарів)

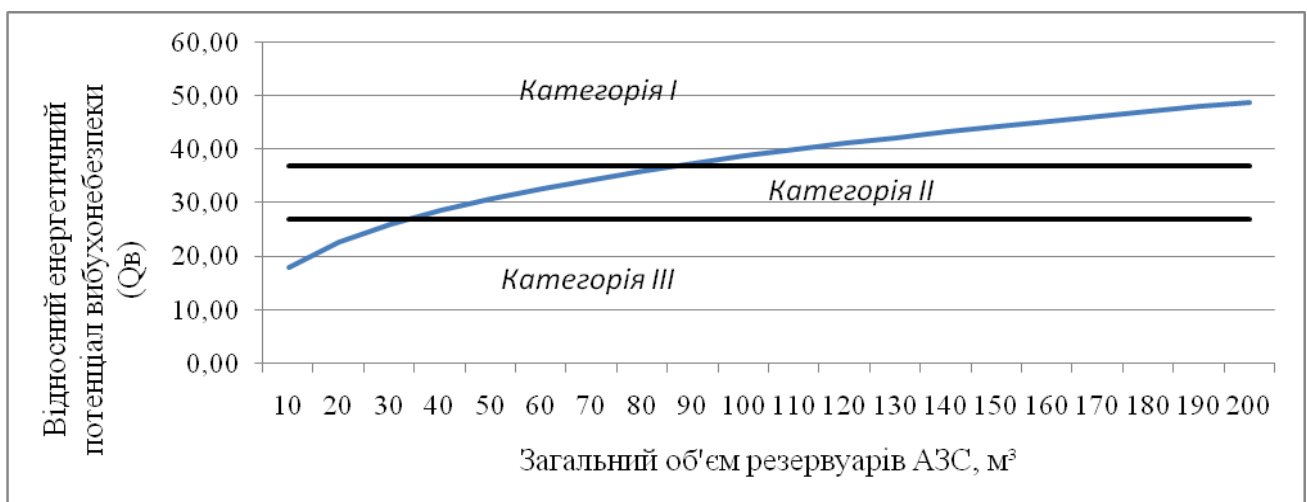


Рисунок 2.9 – Графік залежності Q_v (відносного енергетичного потенціалу вибухонебезпеки) від V (загального об'єму резервуарів АЗС)

2.3 Визначення можливих зон впливу негативних факторів на ділянки автомобільних доріг

При аналізі наслідків аварій на потенційно небезпечних об'єктах використані моделі вибуху газо-пароповітряних хмар у відкритому просторі [119 – 122].

При аналізі вибуху газо-пароповітряних хмар у відкритому просторі розраховується зміна тиску ΔP , яка залежить від відстані R до епіцентру вибуху та може бути визначена на основі використання даних з обробки експериментальних результатів вибухів газових хмар, отриманих в [119]:

$$\Delta P = \frac{80,8}{R} + \frac{222}{R^2} + \frac{121}{R^3}, \quad (2.25)$$

$$R = \frac{r}{C_T^{1/3}}, \quad (2.26)$$

де r – відстань від епіцентру вибуху до розглядуваного об'єкту, м;

C_T – тротиловий еквівалент, кг.

При аналізі наслідків аварії в наслідок спалювання змішаних газових і парових хмар, спалювання не змішаних газо-пароповітряних хмар (вогняні кулі), пожежі розливів вважають, що відсутній значний надлишковий тиск у відкритому просторі, можливе горіння хмари з утворенням спливаючої вогняної кулі, горіння протоки горючих рідин. Основними чинниками, що уражають, є температурний вплив полум'я на людей, об'єкти і матеріали на протязі ефективного часу експозиції.

В тих випадках, коли при горінні змішаних газових і парових хмар перехід в детонацію неможливий, формування небезпечних ударних хвиль не відбувається, але є небезпека уразки тепловим випромінюванням і гарячими продуктами спалювання при їхньому розширенні.

Для АЗС найбільш імовірні випадки виникнення аварій відповідають випадку, коли відбувається вибух газо-пароповітряних хмар у відкритому

просторі. Саме таку модель ми і будемо використовувати для подальших розрахунків.

Можлива вибухонебезпечна зона (МВЗ) на АЗС – це гіпотетична максимально можлива просторова зона, всередині якої під час виникнення або розвитку великої аварії можливе існування горючих газів або парів при концентраціях, що перевищують концентрацію на нижній межі розповсюдження полум'я [123].

На практиці час формування МВЗ обмежений часом зустрічі хмари горючих газів або парів з джерелом запалювання. Якщо джерело запалювання з'являється на ранній стадії формування вибухонебезпечної хмари, то небезпека характеризується явищами: детонаційним спалюванням і вогняною кулею, для яких можлива кількісна оцінка наслідків.

На більш пізніх етапах розвитку хмари, коли знижується початкова турбулентність хмари і відбувається її розмивання за рахунок атмосферних процесів, більш імовірними стають режими без формування сильних ударних хвиль.

При цьому можлива поразка людей, які знаходяться безпосередньо в МВЗ, за рахунок термічного впливу полум'я і руйнування будинків і приміщень за рахунок внутрішніх вибухів.

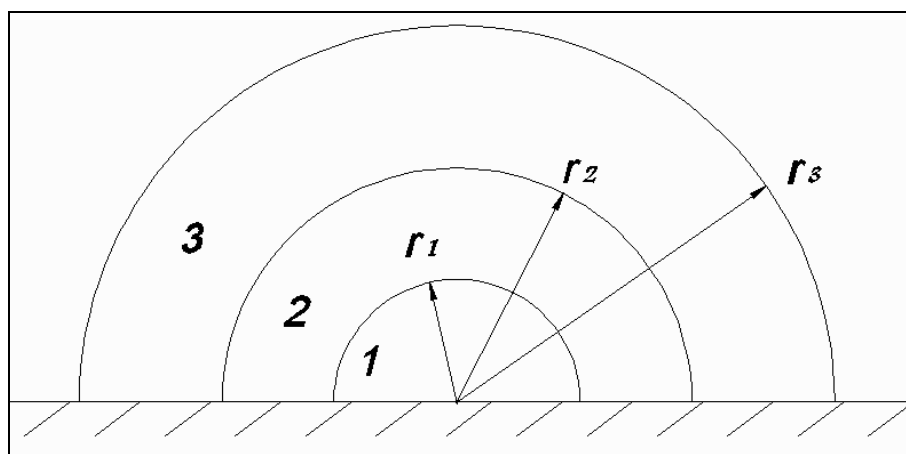
В даному дослідженні з урахуванням розташування об'єктів АЗС буде застосовано напівсферичне розповсюдження тиску вибухової хвилі над поверхнею землі.

Надлишковий тиск ΔP_{ϕ} 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.

Швидкість спаду значення ΔP_{ϕ} вибуху змінюється за рахунок впливу на ударну хвилю середовища, в якому вона розповсюджується. Чим більше відстань від місця вибуху, тим сильніше спотворюється характер зміни тиску

у фронті ударної хвилі. При вибуху газоповітряної суміші (ГПС) утворюється осередок вибуху, ударні хвилі якого здатні викликати вельми великі руйнування на об'єктах [123].

У наземному вибуху ГПС прийнято виділяти три півсферичні зони у надземному просторі (рис. 2.10) та зону сейсмічного ефекту вибуху.



1 – зона детонаційної хвилі, r_1 ;
2 – зона дії продуктів вибуху, r_2 ;
3 – зона повітряної вибухової хвилі, r_3 .

Рисунок 2.10 – Зони осередку вибуху ВР

Будівлі та споруди можуть зазнати пошкоджень від:

- 1) детонаційної хвилі;
- 2) розльоту осколків та продуктів вибуху;
- 3) впливу ударної хвилі;
- 4) сейсмічного ефекту вибуху.

Зону детонаційної хвилі можна розглядати в межах газової хмари вибуху, де $r < r_1$. Розрахунки проводять для гіршого випадку, при якому руйнівні наслідки вибуху найбільші.

Радіус зони детонаційної хвилі r_1 , м, для найбільш часто використовуваних вуглеводнів можна приблизно розраховувати за емпіричною формулою [123]:

$$r_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot M_{\text{ХР}}}, \quad (2.27)$$

де $M_{\text{ХР}}$ – маса речовини, що знаходилася в об'ємі до аварії (до вибуху), кг;

δ – коефіцієнт, залежний від способу зберігання речовини, що показує частку речовини, перехідну при аварії в газ:

$\delta = 1$ – для газів при атмосферному тиску;

$\delta = 0,5 \dots 0,6$ – для зріджених газів, що зберігаються під тиском;

$\delta = 0,1$ – для зріджених газів, що зберігаються ізотермічно;

$\delta = 0,02 \dots 0,07$ – для розлитих легкозаймистих речовин (ЛЗР).

Радіус зони дії продуктів вибуху ГПС, які здатні пошкодити будівельні об'єкти r_2 , м, розраховують за емпіричною формулою [123]:

$$r_2 = 1,7 \cdot r_1 \quad (2.28)$$

Якщо перша і друга зони не мають безпосереднього впливу на автомобільну дорогу, третя зона і є основною для вирішення поставлених задач в даному дослідженні для розрахунку радіусу дії надмірного тиску в фронті вибухової хвилі в разі можливих аварій на АЗС.

При випадковому розливі палива на певну площу, горючі речовини починають випаровуватись, утворюючи паливо-повітряні суміші, які при певних умовах можуть вибухнути. Проаналізувавши нормативно-технічні [120, 124] та ряд інших джерел [116 – 119, 123, 125 – 128], для розрахунку надлишкового тиску у фронті ударної хвилі при згоранні парогазових хмар у відкритому просторі використовуються наступні формули [120]:

$$\Delta P = P_0 \cdot \left(\frac{0,8 \cdot m_{\text{пр}}^{\frac{1}{3}}}{r} + \frac{3 \cdot m_{\text{пр}}^{\frac{2}{3}}}{r^2} + \frac{5 \cdot m_{\text{пр}}}{r^3} \right), \quad (2.29)$$

де ΔP – надмірний тиск у фронті ударної хвилі, кПа;

P_0 – атмосферний тиск, кПа (приймається рівним 101 кПа);

r – відстань від геометричного центру газоповітряної хмари, м;

$m_{\text{пр}}$ – приведена маса газу або пари, кг, розрахована по формулі:

$$m_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{зг}}}{Q_0} \cdot m \cdot Z, \quad (2.30)$$

де $Q_{\text{зг}}$ – питома теплота згорання газу або пари, Дж/кг;

Z – коефіцієнт участі у вибуху (у розрахунках прийнятий 0,1);

Q_0 – константа (теплота згорання тротилу), рівна $15 \cdot 10^6$ Дж/кг;

m – маса горючих газів і (або) пари, що поступила в результаті аварії в навколишній простір, кг.

Всі необхідні коефіцієнти взяті за довідником «Пожежовибухонебезпечність речовин та матеріалів і засобів їх гасіння» [129].

Залежно від надмірного тиску виникають різні пошкодження у людей і тварин, які за складністю ураження поділяються на легкі, середні і дуже важкі [128, 130, 131]. Легкі травми виникають при надмірному тиску 20—40 кПа і характеризуються вивихами, тимчасовим пошкодженням слуху, контузією. Середні травми виникають при надмірному тиску 40—60 кПа і виявляються в контузії, пошкодженні органів слуху, вивихах кінцівок, кровотечі з носа і вух, розривах барабанних перетинок. Важкі травми виникають при надмірному тиску 60—100 кПа і характеризуються важкими контузіями, переломами кінцівок, часто відкритими, сильними кровотечами з носа і вух. Дуже важкі травми виникають при надмірному тиску понад 100 кПа. Для них характерні переломи кісток, розриви внутрішніх органів (печінки, селезінки, нирок, легенів та інших), відкриті переломи кінцівок, струси мозку, переломи хребта.

Але більшість травм людина може зазнати від уламків зруйнованих споруд чи транспортних засобів, вибитих шибок або отримати опіки від горіння пролитого палива.

Надлишковий тиск для руйнування різних конструкцій залежить від матеріалів, з якого вони виготовлені [132]:

- споруди: залізобетонні та антисейсмічні конструкції — 50-80 кПа;
- цегельні будинки — 30-40 кПа;
- дерев'яні будинки — 10-20 кПа;
- скло — 6-8 кПа.

В зоні сильних руйнувань надмірний тиск сягає від 30 до 50 кПа. Руйнування характеризуються деформацією більшої частини несучих конструкцій, можуть залишатися частково стіни і перекриття нижніх поверхів, утворюються завали. Вони виникають при надмірному тиску [132]:

- багатоповерхових будинків — 25—30 кПа,
- малоповерхових будівель — 25—35 кПа,
- споруд виробничого типу — 30—50 кПа.

В цій зоні автомобіль може бути повністю зруйнований, що завдасть дуже важких уражень водію та пасажирам.

У зоні середніх руйнувань більшість несучих конструкцій зберігається, лише частково деформується. Зберігається основна частина стін з можливими тріщинами в зовнішніх стінах і провалами в окремих місцях, але при цьому другорядні та частина несучих конструкцій можуть бути зруйновані повністю. Герметичні сховища не пошкоджуються. Середніх руйнувань зазнають [132]:

- багатоповерхові споруди при надмірному тиску 10—20 кПа,
- малоповерхові будівлі — 15—25 кПа,
- виробничі споруди — 20—30 кПа.

На комунально-енергетичних мережах деформуються і руйнуються окремі опори повітряних ліній електропередачі, пошкоджуються

технологічні трубопроводи. Транспортний засіб може бути перекинутий ударною хвилею з усіма вихідними з цього наслідками.

У зоні слабких руйнувань руйнуються вікна, двері, легкі перегородки, з'являються тріщини, в основному в стінах верхніх поверхів. Підвали й нижні поверхи зберігаються. Незначні руйнування і пошкодження на комунально-енергетичній мережі. Слабкі руйнування будівель усіх типів виникають при надмірному тиску 7—20 кПа, характеризуються порушенням найбільш слабких елементів будівель: карнизів, перегородок, дверей, вікон та ін. Автомобілі зазнають, що найменше, руйнування вікон. Пошкодження будівель усіх типів, які виникають при надмірному тиску 3—5 кПа, характеризуються порушенням найбільш слабких елементів будівель: карнизів, перегородок, дверей, вікон та ін.

Однією з особливостей ударної хвилі є відносно велика тривалість дії, яка може досягати кількох секунд. Ударна хвиля може проникати всередину будівель чи транспортних засобів через вікна, вентиляційні канали, димарі, щілини та інші отвори. При надходженні ударної хвилі у середину приміщень, у них можливе різке збільшення тиску, що призводить до різних руйнувань.

Таким чином, для наших подальших розрахунків будуть застосовані наведена вище модель та розрахункові формули, за результати розрахунків будуть визначатись зони негативного впливу.

2.4 Розрахунок параметрів дії небезпечних факторів

Згідно п. 2.2 були проведені розрахунки дії впливу небезпечних факторів в разі виникнення аварійної ситуації на АЗС, а саме вибуху газоповітряної суміші легкозаймистих речовин.

Результати розрахунків для газу (пропан-бутан) та бензинів при випадковому розливі та утворенні паливо-повітряної суміші над дзеркалом розливу наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Надмірний тиск в фронті вибухової хвилі хмари паливо-повітряної суміші на відкритому просторі при руйнуванні резервуару та площі розливу 100м^2 , кПа

Ємність резервуару, м^3	Найменування речовини	Надмірний тиск в фронті вибухової хвилі, кПа			
		25м	50м	75м	100м
10	пропан-бутан	191	49	25	16
7,5	пропан-бутан	191	49	25	16
5	пропан-бутан	191	49	25	16
10	Бензин А-95	53,95	17,62	10,05	6,96
10	Бензин А-98	60,39	19,31	10,91	7,52

Як видно в таблиці 2.2 по результатам розрахунків об'єм пролитого палива ніякої ролі не відіграє. Так як кількість речовини, що випарується з поверхні розливу буде залежати від площі проливу та зовнішніх факторів, таких як температура повітря, швидкість повітря над паливом та його вид (октанове число бензину, дизпаливо, газ), що вплинуть на швидкість випаровування.

Використовуючи формулу (2.29) методом підбору було визначено радіус надмірного тиску в фронті вибухової хвилі при різних умовах: температура навколишнього середовища (10°C , 20°C та 30°C), швидкість повітря (0,1 м/с, 0,2 м/с та 0,5 м/с), площа розливу (50 м^2 , 100 м^2 та 150 м^2) та вид палива (бензин А-95, бензин А-98, дизпаливо). Результати розрахунків при швидкості вітру 0,1 м/с наведені у таблицях 2.3 – 2.5).

Таблиця 2.3 – Радіус дії вибуху хмари паливо-повітряної суміші при розливі дизельного палива на відкритому просторі та швидкості вітру 0,1 м/с, м

Площа розливу, м ²	Температура навколишнього середовища, °С	Радіус дії вибухової хвилі при відповідному значенні надмірного тиску (кПа), м				
		2 кПа	14 кПа	28 кПа	70 кПа	100 кПа
50	10	6,2	3,1	1,1	0,6	0,4
100	10	6,8	3,4	1,2	0,7	0,5
150	10	7,4	3,7	1,3	0,7	0,5

Таблиця 2.4 – Радіус дії вибуху хмари паливо-повітряної суміші при розливі бензину А-95 на відкритому просторі та швидкості вітру 0,1 м/с, м

Площа розливу, м ²	Температура навколишнього середовища, °С	Радіус дії вибухової хвилі при відповідному значенні надмірного тиску (кПа), м				
		2 кПа	14 кПа	28 кПа	70 кПа	100 кПа
50	10	139,2	69,6	23,9	13,9	9,4
100	10	219,9	110,0	37,7	22,0	14,9
150	10	286,9	143,4	49,2	28,7	19,5
50	20	120,1	60,1	20,6	12,0	8,2
100	20	189,9	94,9	32,5	19,0	12,9
150	20	247,9	124,0	42,5	24,8	16,8
50	30	99,4	49,7	17,0	9,9	6,7
100	30	157,0	78,5	26,9	15,7	10,7
150	30	205,2	102,6	35,2	20,5	13,9

Таблиця 2.5 – Радіус дії вибуху хмари паливо-повітряної суміші при розливі бензину А-98 на відкритому просторі та швидкості вітру 0,1 м/с, м.

Площа розливу, м ²	Температура навколишнього середовища, °С	Радіус дії вибухової хвилі при відповідному значенні надмірного тиску (кПа), м				
		2 кПа	14 кПа	28 кПа	70 кПа	100 кПа
50	10	158,5	79,2	27,2	15,8	10,8
100	10	250,2	125,1	42,9	25,0	17,0
150	10	325,8	162,9	55,8	32,6	22,1
50	20	136,8	68,4	23,4	13,7	9,3
100	20	216,1	108,0	37,0	21,6	14,7
150	20	281,8	140,9	48,3	28,2	19,1
50	30	113,1	56,6	19,4	11,3	7,7
100	30	178,7	89,4	30,6	17,9	12,1
150	30	233,5	116,7	40,0	23,3	15,8

Як видно, при вибуху паливо-повітряної суміші з дизпалива (таблиця 2.3) радіус дії надмірного тиску малий в порівнянні з бензином (таблиця 2.4 та 2.5), тому далі розглядатись в розрахунках дизпаливо не буде.

Розрахунки радіусу дії вибуху хмари паливо-повітряної суміші при розливі бензинів А-95 та А-98 на відкритому просторі та швидкості вітру 0,2 м/с та 0,5 м/с наведені в додатку (Додаток Б, табл. Б.1 – Б.4).

З отриманих результатів можна виділити найнесприятливіші умови для вибуху паливо-повітряної суміші, це температура навколишнього середовища 10°C, швидкість повітря 0,5 м/с та площа розливу 150 м². Також враховуючи, що легкі травми у людей та пошкодження споруд виникають при надмірному тиску від 20 кПа. Тому найвищі результати відображені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Радіус 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°C, м

Площа розливу, м ²	Радіус дії вибухової хвилі при відповідному значенні надмірного тиску (кПа), м							
	P=14 кПа (A-95)	P=14 кПа (A-98)	P=28 кПа (A-95)	P=28 кПа (A-98)	P=70 кПа (A-95)	P=70 кПа (A-98)	P=100 кПа (A-95)	P=100 кПа (A-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

На рисунку 2.11 графічно відображено як зміниться радіус (м) дії надмірного тиску (14, 28, 70 та 100 кПа) у фронті вибухової хвилі паливо-повітряної суміші в залежності від площі розливу при швидкості вітру 0,5 м/с та температурі навколишнього середовища 10°C.

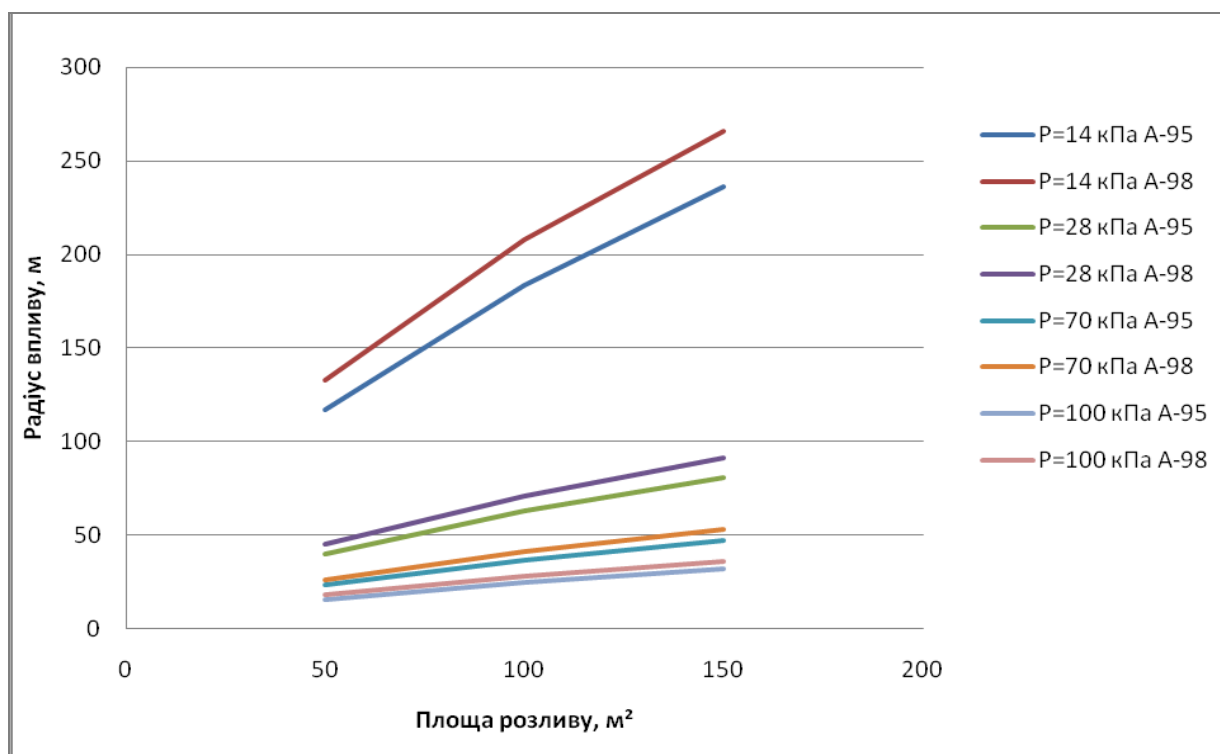


Рисунок 2.11 – Графік зміни радіусу дії надмірного тиску від площі розливу пального

При розгерметизації резервуару з газом чи пошкодженні газозаправної колонки, якщо пропан-бутан буде переважно в газоподібному стані (чи швидко в нього перетвориться), газ збиратиметься над поверхнею землі та утворить хмару газоповітряної суміші. Результати розрахунків наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Радіус дії вибуху хмари паливо-повітряної суміші при витоку газу пропан-бутану з резервуару об'ємом 10 м^3 заповненому на 85%

Надмірний тиск в фронті вибухової хвилі, кПа	2	14	28	70	100
Радіус дії надмірного тиску в фронті вибухової хвилі, м	710,0	141,0	88,70	52,30	43,45

З отриманих розрахунків можна чітко сказати, що за деяких умов на автозаправних станціях можуть виникнути аварійні ситуації, які матимуть значну зону поширення та створити небезпеку для учасників дорожнього руху.

За результатами розрахунків було зображено можливі схеми розповсюдження надмірного тиску вибухової хвилі (Додаток Б, рис. Б.1 – Б.12). З рисунків наведених в Додатку Б (рис. Б.1 – Б.12) видно, що вплив можливих небезпечних факторів розповсюджується на ділянку дороги досить великої протяжності. Далі необхідно встановити кількість автомобілів, що можуть опинитись на такій ділянці автомобільної дороги.

2.5 Висновки до розділу 2

- 1) Розроблено та обґрунтовано критерій віднесення ділянок автомобільних доріг як небезпечної в зоні розташування автозаправної станції. Запропоновано визначення небезпечної ділянки в зоні дії небезпечних факторів, що можуть виникнути на АЗС.
- 2) Досліджено потенційну небезпеку, яку може створити автозаправна станція для учасників руху на автомобільній дорозі та прилеглих територіях.
- 3) Обрана фізико-математична модель для розрахунку потенційної небезпеки автозаправної станції дозволила проаналізувати наслідки впливу небезпек.
- 4) Розраховані параметри дії небезпечних факторів, до яких можна віднести радіус поширення надмірного тиску вибухової хвилі, що може утворитись в разі аварійної ситуації.
- 5) В розділі висвітлені розрахунки з опублікованих статей [118, 122].

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ НА ДІЛЯНКАХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТА МІСЦЬ РОЗТАШУВАННЯ ТАКИХ ДІЛЯНОК

3.1 Цілі та задачі експериментального дослідження

Ціллю експериментального дослідження є визначення параметрів транспортних потоків на ділянках автомобільних доріг підвищеної небезпеки та місць розташування таких ділянок.

Для визначення кількісних показників, які необхідні для обґрунтування критеріїв приналежності ділянок автомобільних доріг до ділянок підвищеної небезпеки, потрібно виконати наступні дослідження:

- визначити закономірності розташування АЗС як потенційних місць виникнення негативних факторів по довжині автомобільної дороги;
- визначити відстані від центру можливого виникнення негативних факторів на АЗС до проїзної частини автомобільної дороги;
- встановити максимальну інтенсивність руху на ділянках автомобільних доріг в зоні розташування АЗС;
- дослідити розподіл інтервалів часу між автомобілями транспортного потоку в залежності від інтенсивності руху;
- визначити кількість автомобілів, що можуть знаходитись на ділянці автомобільної дороги певної довжини за певний час;
- дослідити закономірності часу знаходження автомобілів на території АЗС та кількості автозаправок в залежності від інтенсивності руху.

3.1.1 Планування дослідження

При виборі ділянок автомобільних доріг, на яких проводилось дослідження, були використані дані натурного обстеження придорожніх об'єктів, в тому числі й АЗС та АЗК, проведених в ДП «Укргіпродор», був проведений аналіз розташування АЗС за допомогою інтернет-ресурсу <https://www.google.com.ua/maps/> та шляхом безпосереднього обстеження АЗС на автомобільних дорогах всіх областей України.

Під час дослідження визначались: місцезнаходження АЗС на автомобільній дорозі, відстань між ними, відстань до краю проїзної частини, кількість ПРК, інтенсивність руху на автомобільній дорозі, розподіл інтервалів руху між автомобілями та кількість автомобілів, що заїхали на станцію з метою здійснити заправку паливом (бензином, дизельним паливом чи газом). Вимірювання інтенсивності руху здійснювалось як за напрямками руху, так і сумарно, залежно від розміщення АЗС та можливості заправки на ній автомобілів, що рухаються у зворотному напрямку.

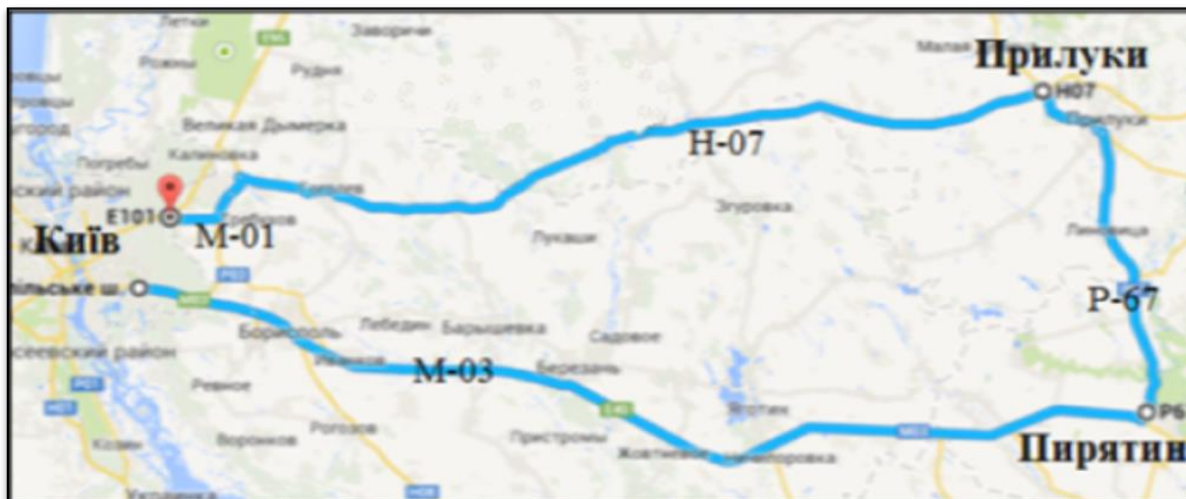


Рис. 3.1 – Місця експериментального дослідження розміщення АЗС та здійснення заправки автомобілями на них

Було досліджено місця розташування АЗС на автомобільних дорогах різних категорій в різний час доби. За допомогою перехідних коефіцієнтів

виміряну інтенсивність було переведено в максимальну годинну інтенсивність та добову інтенсивність. Автомобільні дороги, що безпосередньо досліджувались автором, показані на рис. 3.1.

Ділянки автомобільних доріг, на яких проводились заміри інтенсивності руху та інтервалів руху транспортного потоку:

- 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 – Юнаківка 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.

При проведенні експериментальних досліджень характеристик транспортного потоку та визначенні кількісних показників встановлюється необхідна і достатня кількість спостережень, яка є мінімальною [133 – 135]:

$$n = \frac{\sigma^2 t^2}{\Delta^2}, \quad (3.1)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення вимірювань;

Δ – половина класу вимірювань;

t – показник достовірності (для 90 % вірогідності рівний 2).

Середнє значення помилки Δ не перевищує половину точності класу розбивки початкових даних.

При статистичній обробці результатів дослідження використовувались два закони розподілу: розподіл Пуассона та гамма-розподіл.

Визначаючи необхідну кількість замірів відстані від центру виникнення негативних факторів до проїзної частини автомобільної дороги потрібно враховувати, що середньоквадратичне відхилення для гамма-розподілу буде рівне $\sigma^2 = \alpha \cdot \beta^2$, де α та β параметри розподілу [111]. Визначення цих параметрів цього розподілу наведений в пункті 3.3.

Тоді середньоквадратичне відхилення $\sigma^2 = 91,125$, допустима похибка вимірювальних приладів $\Delta = 1$, при 99,7 % довірчої імовірності $t=2$.

Мінімальна кількість замірів для відстані буде складати:

$$n = \frac{\sigma^2 \cdot t^2}{\Delta^2} = \frac{91,125 \cdot 2^2}{1^2} = 365$$

При дослідженні інтервалів часу між автомобілями транспортного потоку також використовується гамма-розподіл. Середньоквадратичне відхилення для гамма-розподілу буде рівне $\sigma^2 = \alpha \cdot \beta^2$, де α та β параметри розподілу, що залежать від інтенсивності руху на ділянці автомобільної дороги, та детально описані в розділі 3.5.

Допустима похибка вимірювальних приладів $\Delta = 0,5$, при 99,7 % довірчої імовірності $t=2$, а середньоквадратичне відхилення σ^2 та мінімальна кількість вимірів наведені в таблиці 3.1 для заданої інтенсивності руху.

При визначенні кількості автомобілів, що можуть знаходитись на ділянці автомобільної дороги використовується дискретний розподіл імовірності Пуассона, теоретичні основи якого детально описані в пункті 2.1. Середньоквадратичне відхилення для такого розподілу буде рівне параметру розподілу $\sigma^2 = \lambda \cdot t$, що є змінною величиною і залежить від конкретних умов (λ – інтенсивність руху, авт./с) та задач дослідження (t – час) [111]. Розрахунок параметрів цього розподілу для $\lambda=1334$ авт./год та двох значень t – 5 і 10 с наведений в пункті 3.6.

Таблиця 3.1 – Визначення необхідної кількості замірів при дослідженні інтервалів руху між автомобілями

Інтенсивність руху в одному напрямку, авт./год	β	α	Середньоквадратичне відхилення $\sigma^2 = \alpha \cdot \beta^2$	Необхідна кількість замірів $n = \frac{\sigma^2 \cdot t^2}{\Delta^2}$
До 700	3	1	$\sigma^2 = 1 \cdot 3^2 = 9$	$n = \frac{9 \cdot 2^2}{0,5^2} = 144$
700 – 1 000	2	2	$\sigma^2 = 2 \cdot 2^2 = 8$	$n = \frac{8 \cdot 2^2}{0,5^2} = 128$
1 000 – 1 500	1	2	$\sigma^2 = 2 \cdot 1^2 = 2$	$n = \frac{2 \cdot 2^2}{0,5^2} = 32$
Від 1 500	0,75	2	$\sigma^2 = 2 \cdot 0,75^2 \approx 1,125$	$n = \frac{1,125 \cdot 2^2}{0,5^2} = 18$

Тоді середньоквадратичне відхилення σ^2 буде рівне 1,85 та 3,71, відповідно, для 5 та 10 с, допустима похибка вимірювальних приладів $\Delta = 0,5$, при 99,7 % довірчої імовірності $t=2$.

Мінімальна кількість замірів для визначення кількості автомобілів буде складати:

$$n = \frac{\sigma^2 \cdot t^2}{\Delta^2} = \frac{1,85 \cdot 2^2}{0,5^2} = 29,65 \approx 30$$

$$n = \frac{\sigma^2 \cdot t^2}{\Delta^2} = \frac{3,71 \cdot 2^2}{0,5^2} = 59,29 \approx 60$$

При визначенні необхідної кількості замірів для отримання достовірних результатів часу обслуговування автомобілів потрібно враховувати, що середньоквадратичне відхилення для розподілу Пуассона

буде рівне параметру розподілу, що є середнім значенням $\bar{x'} = 5,02$ [111]. Розрахунок параметрів цього розподілу наведений в пункті 3.8.

Тоді середньоквадратичне відхилення $\sigma^2 = 5,02$, допустима похибка вимірювальних приладів $\Delta = 0,5$, при 99,7 % довірчої імовірності $t=2$.

Мінімальна кількість замірів для визначення часу буде складати:

$$n = \frac{\sigma^2 \cdot t^2}{\Delta^2} = \frac{5,02 \cdot 2^2}{0,5^2} = 80,4 \approx 81$$

Проаналізувавши отримані дані, зроблено висновок, що експериментальна кількість замірів достатня для отримання достовірних результатів при обробці дослідження.

При обробці експериментальних даних та встановленні будь-якої теоретичної функції визначається квадрат кореляції Пірсона r^2 . Розрахунок цього коефіцієнта проводиться автоматизовано за допомогою програми Microsoft Excel [136].

Після того, як встановлено коефіцієнт кореляції, необхідно оцінити, суттєве відхилення отриманого коефіцієнта кореляції від нуля.

Для вирішення даної задачі застосовувався спосіб Фішера.

Випадкова величина Z підпорядковується нормальному закону з середнім квадратичним відхиленням σ_z .

$$Z = \frac{1}{2} \lg \frac{1+r}{1-r}. \quad (3.2)$$

$$\sigma_z = \frac{1}{\sqrt{n-3}}. \quad (3.3)$$

Так як коефіцієнт кореляції r є випадковою величиною, то необхідно по емпіричному значенню коефіцієнта кореляції r оцінити теоретичне значення коефіцієнта ρ [133 – 135].

З надійністю $\Phi(t) = 0,95$, $t = 1,96$, тому

$$Z - 1,96 \cdot \sigma_Z \leq Z_{ген} \leq Z + 1,96 \cdot \sigma_Z. \quad (3.4)$$

Результати статистичної обробки експериментальних даних, що представлені в 3 розділі (пункти 3.3, 3.4 – 3.8) наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати статистичної обробки експериментальних даних

Розділ дослідження	r	Z	σ_Z	t	$Z_{ген}$		ρ	
До пункту 3.3	0,9695	2,085	0,0326	63,9776	2,0206	2,1484	0,965	0,975
До пункту 3.5	0,9487	1,818	0,0712	25,5231	1,6788	1,9581	0,935	0,962
	0,8944	1,444	0,0712	20,2624	1,3040	1,5833	0,861	0,918
	0,9798	2,292	0,0502	45,6764	2,1941	2,3908	0,975	0,985
	0,9849	2,439	0,0712	34,2308	2,2992	2,5785	0,981	0,990
До пункту 3.6	0,9757	2,199	0,1026	21,4352	1,9981	2,4003	0,963	0,985
	0,9935	2,861	0,1026	27,8883	2,6602	3,0624	0,991	0,996
До пункту 3.7	0,8075	1,120	0,2294	4,8807	0,6700	1,5694	0,588	0,918
До пункту 3.8	0,9644	2,005	0,1111	18,0432	1,7870	2,2226	0,946	0,977

Проаналізувавши дані (табл. 3.2), можна сказати, що теоретичні значення коефіцієнтів кореляцій з вірогідністю 0,95, лежать в довірчих інтервалах.

3.2 Дослідження розташування потенційних небезпечних ділянок автомобільних доріг

Фактично на автомобільних дорогах України розміщення АЗС не відповідає нормативним вимогам, згідно яких відстань між АЗС має становити від 15 до 60 км в залежності від категорії дороги [93, 99]. Про це свідчить аналіз фактичного розташування АЗС на автомобільній дорозі М - 01, проведений в ДП «Укргіпродор» (м. Київ). Загалом було обстежено 14 доріг І категорії та 5 доріг нижчих категорій. Із аналізу даного обстеження (див. табл. 3.4) видно, що відстані між об'єктами не відповідають нормативним документам, як в сторону перевищення необхідних відстаней так і в сторону зменшення, що спостерігається частіше.

Таблиця 3.4 – Розміщення АЗС на дорозі М-01

Номер п/п	Місцеположення на дорозі			
	зліва	справа	Попередній км	Відстань від попередньої АЗС, км
1	2	3	4	5
1	1	-	23	4 км
2	-	1	23	-
3	1	-	27	1 км
4	-	1	28	5 км
5	1	-	28	< 1 км
6	1	-	28	12 км
7	-	1	28	< 1 км
8	-	1	39	11 км
9	1	-	40	2 км
10	1	-	42	18 км
11	-	1	45	6 км
12	1	-	60	13 км

Кінець табл. 3.4.

1	2	3	4	5
13	-	1	73	28 км
14	1	-	73	3 км
15	1	-	76	53 км
16	-	1	77	4 км
17	-	1	94	17 км
18	-	1	97	3 км
19	-	1	123	26 км
20	-	1	123	< 1 км
21	1	-	129	41 км
22	-	1	148	24 км
23	1	-	170	18 км
24	1	-	188	5 км
25	1	-	193	29 км
26	-	1	221	73 км
27	1	-	222	-

З табл. 3.4 видно, що АЗС на дорозі І категорії М-01 розташовуються нерівномірно. Найменша відстань між АЗС становить до одного км та найбільша понад 70 км.

Найбільш часто АЗС розташовуються біля міст або пересічень з іншими дорогами. Таке явище можна пояснити тим, що саме з міст більшість учасників дорожнього руху починають маршрут і, відповідно, здійснюють заправку автомобіля.

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 в 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.

Отже, зробивши порівняння норм та фактичного розташування автозаправних станцій можна побачити, що рекомендована відстань між ними не дотримується. Так, для I категорії ця відстань має становити 15-20 км в кожному напрямку, а в дійсності знаходиться в межах від 0 до 50 км. Для II категорії рекомендована відстань між АЗС 35 – 40 км, а фактично спостерігається відстань як менше 20 км, так і понад 50 км. На дорогах нижчих категорій досить часто відстань між АЗС відповідає нормативним вимогам. Такі дороги з'єднують міста та села на регіональному та місцевому значенні, мають не велику протяжність, а АЗС розміщуються на виїздах та в'їздах до населених пунктів, відстань між АЗС не перевищує 60 – 80 км.

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. В північному напрямку досліджувалась а/д М-01 Київ – Чернігів – Нові Яриловичі, в східному – а/д М-03 Київ – Харків – Довжанський, та а/д М-04 Знам'янка – Луганськ – Ізварине, в південному напрямку – а/д М-05 Київ – Одеса та західному – а/д М-06 Київ – Чоп.

На рисунку 3.2 зображено розташування АЗС вздовж автомобільної дороги М-01 кожні 20 км, в Додатку А наведені автомобільні дороги М-03 (рис. А.1), М-04 (рис. А.2), М-05 (рис. А.3) та М-06 (рис. А.4).

З рисунків видно, що найбільш густо АЗС розміщуються поряд з великими містами або пересіченнями з автомобільними дорогами нижчих категорій. Це можна пояснити тим, що в таких місцях спостерігається більша інтенсивність руху порівняно з іншими ділянками дороги, відповідно, потреба в здійсненні заправок також збільшується.

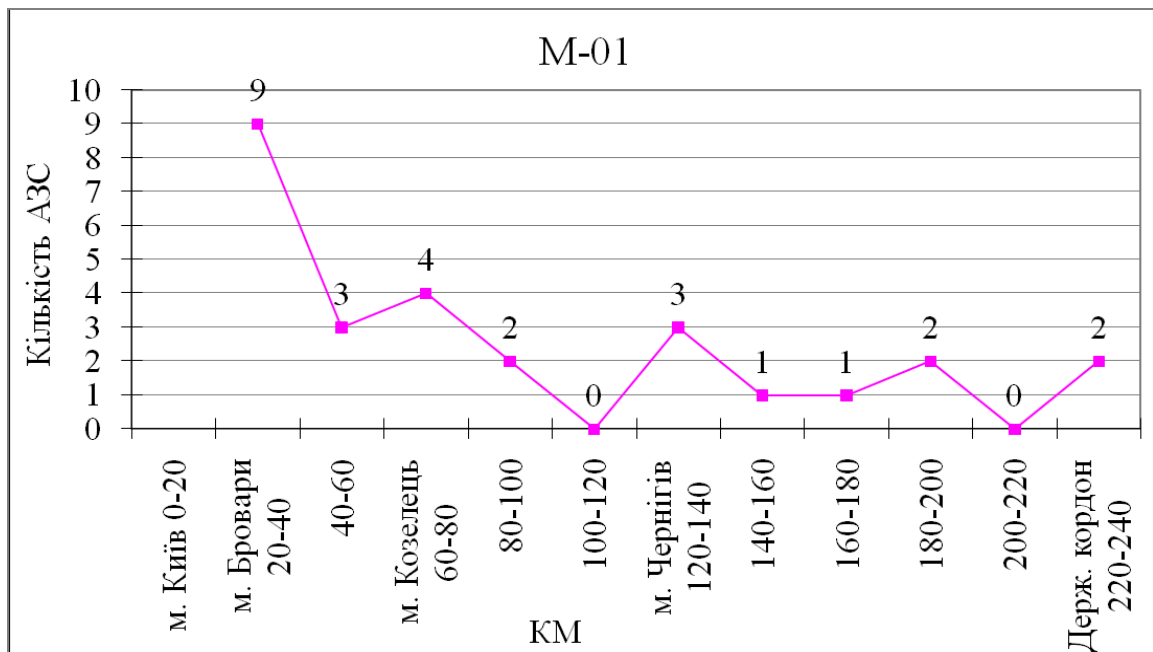


Рисунок 3.2 – Розташування АЗС вздовж автомобільної дороги I-ої категорії Київ – Чернігів – Нові Яриловичі М-01

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 АЗС на певній відстані від населеного пункту, або на відстані від пересічення чи примикання автомобільних доріг, то можна спостерігати певні закономірності розташування АЗС. В Додатку А (рис. А.5 – А.10) наведені характерні короткі ділянки з інтервалами в 10 км, для яких можливо встановити залежності.

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:

$$k = a \cdot x^{-b}, \quad (3.5)$$

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.

Значення коефіцієнта a спостерігається від 2,75 до 12,65, а значення коефіцієнта b лежить в межах 0,016 – 1,45. Коефіцієнт достовірності апроксимації R^2 в 7 випадках приймає значення менше 0,5, отже не може бути прийнятим. Це пояснюється великою розбіжністю кількості АЗС по довжині дороги. Залежність розташування кількості АЗС для цих випадків не може бути описана степеневою функцією.

У більшості випадків коефіцієнт достовірності апроксимації R^2 перевищує значення 0,5. Загальна тенденція розташування АЗС по довжині дороги полягає в зменшенні кількості АЗС в залежності від відстані від міст та місць пересічень автомобільних доріг. Якщо прийняти до розгляду лише ті ділянки автомобільних доріг, на яких R^2 перевищує 0,5, то можна отримати середні значення коефіцієнтів степеневої функції a та b .

Розташування АЗС вздовж автомобільних доріг на певній відстані від міста або пересічення з іншою автомобільною дорогою високої категорії можна виразити залежністю:

$$k = \frac{6,74}{x}. \quad (3.6)$$

Залежність (3.6) справедлива для доріг I-ої категорії. 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 АЗС і т.д.

3.3 Дослідження відстані від автозаправних станцій до проїзної частини автомобільних доріг

При проведенні досліджень щодо визначення відстаней від краю проїзної частини до автозаправних станцій були взяті дані фактичного розташування АЗС на автомобільних дорогах, визначені шляхом безпосереднього обстеження автозаправних станцій на автомобільних дорогах різних категорій всіх областей України та за допомогою інтернет-ресурсу <http://maps.yandex.ua/> (рис. 3.3).

При дослідженні вимірювалась відстань від краю проїзної частини до паливо роздавальних колонок або місць зливу палива з автомобілів-цистерн до резервуарів. Як вказано в пункті 2.2 саме в таких місцях найбільш імовірно виникнення аварійних ситуацій. В таблиці 3.5 наведені дані отримані при замірах та запропонований теоретичний розподіл розташування небезпечних блоків автозаправних станцій до краю проїзної частини автомобільних доріг.



Рисунок 3.3 – Розміщення АЗС «SHELL», що розташована справа та зліва на км 76 автомобільної дороги М-03 Київ – Харків – Довжанський

Таблиця 3.5 – Вихідні дані емпіричного та теоретичного розподілів відстаней між АЗС та краєм проїзної частини автомобільної дороги

Відстань до КПЧ, м	Кількість АЗС Мі, один.	Імовірність при гама-розподілі, $P(x_i')$	Теоретична кількість АЗС Мі', один.	Відстань до КПЧ, м	Кількість АЗС Мі, один.	Імовірність при гама-розподілі, $P(x_i')$	Теоретична кількість АЗС Мі', один.
1	2	3	4	1	2	3	4
1,0	0	0,0001	0,07	37,0	10	0,0082	7,73
2,0	0	0,0007	0,68	38,0	9	0,0072	6,80
3,0	0	0,0024	2,24	39,0	9	0,0063	5,96
4,0	2	0,0052	4,91	40,0	9	0,0055	5,21
5,0	7	0,0091	8,59	41,0	6	0,0048	4,55
6,0	13	0,0138	13,03	42,0	3	0,0042	3,97
7,0	9	0,0189	17,89	43,0	2	0,0036	3,45
8,0	19	0,0242	22,86	44,0	6	0,0032	2,99
9,0	33	0,0293	27,64	45,0	5	0,0027	2,59
10,0	38	0,0339	32,01	46,0	1	0,0024	2,24
11,0	31	0,0379	35,78	47,0	3	0,0020	1,94
12,0	37	0,0411	38,85	48,0	3	0,0018	1,67
13,0	40	0,0436	41,16	49,0	1	0,0015	1,44
14,0	49	0,0452	42,72	50,0	2	0,0013	1,23
15,0	33	0,0461	43,55	51,0	4	0,0011	1,06
16,0	35	0,0463	43,71	52,0	4	0,0010	0,91
17,0	37	0,0458	43,27	53,0	1	0,0008	0,78
18,0	48	0,0448	42,33	54,0	2	0,0007	0,66
19,0	29	0,0433	40,95	55,0	3	0,0006	0,57
20,0	41	0,0415	39,24	56,0	0	0,0005	0,48
21,0	31	0,0394	37,27	57,0	2	0,0004	0,41
22,0	33	0,0372	35,12	58,0	3	0,0004	0,35
23,0	30	0,0348	32,86	59,0	1	0,0003	0,30
24,0	38	0,0323	30,54	60,0	1	0,0003	0,25
25,0	28	0,0298	28,21	61,0	0	0,0002	0,21
26,0	26	0,0274	25,91	62,0	1	0,0002	0,18
27,0	23	0,0251	23,68	63,0	0	0,0002	0,15

Кінець табл. 3.5

1	2	3	4	1	2	3	4
28,0	16	0,0228	21,53	64,0	0	0,0001	0,13
29,0	21	0,0206	19,50	65,0	1	0,0001	0,11
30,0	16	0,0186	17,58	66,0	1	0,0001	0,09
31,0	24	0,0167	15,79	67,0	0	0,0001	0,08
32,0	10	0,0149	14,13	68,0	0	0,0001	0,07
33,0	13	0,0133	12,60	69,0	1	0,0001	0,06
34,0	12	0,0119	11,20	70,0	0	0,0000	0,05
35,0	16	0,0105	9,92	71,0	1	0,0000	0,04
36,0	11	0,0093	8,77	72,0	1	0,0000	0,03

Загалом було зроблено 945 замірів та отримано фактичний та теоретичний розподіли кількостей АЗС на певній відстані l до краю проїзної частини. З отриманих даних було встановлено, що середнє значення відстані від краю проїзної частини до АЗС становить 21,9 м, більшість АЗС знаходиться на відстані до 20 м.

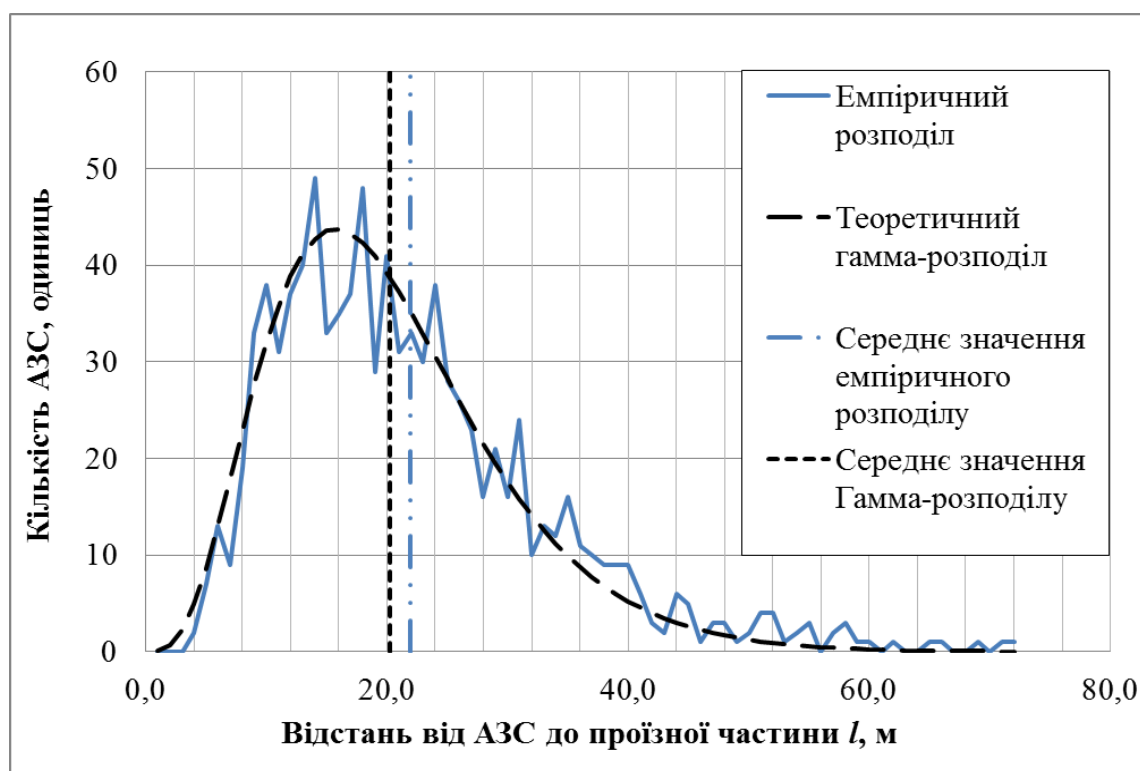


Рисунок 3.4 – Розподіл кількості автозаправних станцій на відстані l до краю проїзної частини

Шляхом підбору було встановлено, що гамма-розподіл з коефіцієнтами $\alpha = 4,5$ та $\beta = 4,5$ найкраще описує емпіричні дані з коефіцієнтом кореляції Пірсона $r^2 = 0,94$ (рис. 3.4) [109]:

$$f(l, \alpha, \beta) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \cdot l^{\alpha-1} \cdot e^{-\frac{l}{\beta}}, \quad (3.7)$$

де l – відстань від АЗС до краю проїзної частини, м;

e – основа натурального логарифма, $e=2,71$;

$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty l^{\alpha-1} \cdot e^{-l} dl$ - гамма-функція теоретичного розподілу від величини l .

Середнє значення в даному розподілі рівне 20,2 м. Але при цьому імовірність того, що відстань від краю проїзної частини до АЗС складе 16,0 м – модальне значення, вища за імовірність для середнього значення даного розподілу.

В результаті цього дослідження було з'ясовано, що половина автозаправних станцій розташовуються на відстані до 20 м від краю проїзної частини. За результатами дослідження в пункті 2.4 видно, що таке близьке розміщення АЗС до краю проїзної частини несе потенційну небезпеку для учасників руху у випадку аварійної ситуації. Встановивши відстань розміщення АЗС до проїзної частини, стає можливим визначити довжину ділянки автомобільної дороги, що потрапляє під дію можливого негативного впливу, схема наведена в пункті 2.1 (рис. 2.1).

3.4 Дослідження інтенсивності руху на дорогах різних категорій в місцях розташування автозаправних станцій

Для того щоб встановити імовірність появи хоча б одного автомобіля на небезпечній ділянці необхідно знати інтенсивність руху автомобільного

поток на ділянці, що розглядається. Для цього було досліджено зміни інтенсивності руху протягом доби, тижня, місяця та року. Щоб отримати максимальне значення інтенсивності руху за годину, маючи інтенсивність руху в будь-яку годину, встановлюється залежність між інтенсивністю руху в різні години протягом доби [33, 109, 137].

– коефіцієнт $K_{\text{год}}^i$ – коефіцієнт переходу від максимальної годинної інтенсивності руху до інтенсивності руху в i -ту годину, визначається за формулою [33, 109, 137]:

$$K_{\text{год}}^i = \frac{N_{\text{год}}^i}{N_{\text{макс}}}, \quad (3.8)$$

де $N_{\text{год}}^i$ – інтенсивність руху в i -ту годину, авт./год;

$N_{\text{макс}}$ – максимальна годинна інтенсивності руху в добі, авт./год.

– коефіцієнт $K_{\text{доб}}^i$ – коефіцієнт переходу від інтенсивності руху в i -ту годину до добової інтенсивності руху, визначається за формулою [33, 109, 137]:

$$K_{\text{доб}}^i = \frac{N_{\text{доб}}}{N_{\text{год}}^i}, \quad (3.9)$$

де $N_{\text{год}}^i$ – інтенсивність руху в i -ту годину, авт./год;

$N_{\text{доб}}$ – інтенсивність руху за добу, авт./добу.

Для вирішення цієї задачі, було розглянуто інтенсивність руху протягом доби на км 77 дороги загального значення Н-07, взяту по даним автоматичних датчиків руху ДП «Укргіпродор». Отримані результати можна застосувати для всіх автомобільних доріг загального користування. Результати розрахунків необхідних коефіцієнтів за формулами 3.8 та 3.9 наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Визначення коефіцієнтів $K_{\text{год}}^i$ та $K_{\text{доб}}^i$

Година	$N_{\text{год}}^i$ авт./год	$K_{\text{год}}^i$	$K_{\text{доб}}^i$	Година	$N_{\text{год}}^i$ авт./год	$K_{\text{год}}^i$	$K_{\text{доб}}^i$
1	2	3	4	1	2	3	4
1	43	0,0929	117,3023	13	269	0,5810	18,7509
2	19	0,0410	265,4737	14	305	0,6587	16,5377
3	17	0,0367	296,7059	15	314	0,6782	16,0637
4	21	0,0454	240,1905	16	347	0,7495	14,5360
5	33	0,0713	152,8485	17	402	0,8683	12,5473
6	60	0,1296	84,0667	18	443	0,9568	11,3860
7	104	0,2246	48,5000	19	460	0,9935	10,9652
8	115	0,2484	43,8609	20	463	1,0000	10,8942
9	145	0,3132	34,7862	21	396	0,8553	12,7374
10	179	0,3866	28,1788	22	268	0,5788	18,8209
11	203	0,4384	24,8473	23	131	0,2829	38,5038
12	249	0,5378	20,2570	24	58	0,1253	86,9655
$N_{\text{доб}} = \sum_1^{24} N_{\text{год}}^i = 5044 \text{ авт./добу}$							

Після встановлення коефіцієнтів зміни інтенсивності руху можна визначити максимальну інтенсивність руху транспортного потоку не залежно від часу проведення замірів на ділянці автомобільної дороги.

Автомобільна дорога Київ – Харків – Довжанський М-03 І-ої категорії.

Ділянка автомобільної дороги М-03 від км 20 до км 40 в напрямку Київ – Харків являється автомагістраллю з великою інтенсивністю, так як на 34 км знаходиться міжнародний аеропорт «Бориспіль». Кількість смуг руху – 3 в кожному напрямку з розділювальною смугою та бар'єрним огороженням на ній та по краях ПЧ. Заміри інтенсивності руху проводились в одному напрямку Київ – Харків. Від км 35 до км 44 проходить через місто Бориспіль. Кількість смуг руху – 2 в кожному напрямку. Заміри інтенсивності руху – в обох напрямках сумарно. Від км 44 дорога виходить з міста Бориспіль. Кількість смуг руху – 2 в кожному напрямку. Заміри інтенсивності руху – в обох напрямках сумарно, в зв'язку відсутності розділювальної смуги та бар'єрного огороження.

На 155 км автомобільної дороги М-03 до неї примикає автомобільна дорога III категорії регіонального значення Р-67 Чернігів – Ніжин – Прилуки – Пирятин. На ділянці між містами Пирятин та Прилуки, де пролягав маршрут, не було жодної автозаправної станції. Це зумовлено тим, що автомобільна дорога Р-67 проходить через міста, відстань між якими 36 км, а на 3 категорії рекомендується брати відстань між АЗС 50 – 60 км [93 та 99].

Автомобільна дорога Київ – Суми – Юнаківка Н-07 II-ї категорії.

Найближча АЗС на дорозі Н-07 знаходиться на км 90 в селі Новий Биків, на пересіченні з дорогою місцевого значення Т-25-22. Заміри інтенсивності руху проводились в обох напрямках сумарно з автомобілями, що рухались по обом дорогам, так як заправку здійснювали всі автомобілі, що проходили через даний вузол. На ділянці від км 60 до км 30 в заміри інтенсивності руху проводились в обох напрямках сумарно.

На ділянці км 20 – км 30 Н-07 співпадає з автомобільною дорогою 1-ої категорії М-01 Київ – Чернігів – Нові Яриловичі від км 20 до км 30 (об'їзд міста Бровари). Кількість смуг руху по дві в кожному напрямку. Заміри інтенсивності руху проводились в кожному напрямку окремо.

Результати та місця натурних обстежень описані в додатку (Додаток Б, табл. Б.1 – Б.10).

Після отримання інтенсивності руху ($N_{\text{год}}^i$) на різних ділянках в різний час доби, вона була переведена в максимальну годинну на добу ($N_{\text{макс}}$) та добову інтенсивність руху ($N_{\text{доб}}^i$) за допомогою коефіцієнтів отриманих за формулами 3.8 та 3.9 [33, 109, 137]:

$$N_{\text{макс}} = \frac{N_{\text{год}}^i}{K_{\text{год}}^i} \quad (3.10)$$

$$N_{\text{доб}}^i = N_{\text{год}}^i \cdot K_{\text{доб}}^i \quad (3.11)$$

Результати вимірів та розрахунків занесені до таблиць 3.7 та 3.8.

Знайшовши інтенсивність руху транспортного потоку на ділянці, що розглядається, можливо встановити імовірність появи хоча б одного автомобіля на небезпечній ділянці.

3.5 Дослідження розподілу інтервалів часу між автомобілями транспортного потоку

Для визначення максимальної інтенсивності руху в короткі проміжки часу було проведено дослідження інтервалів часу між автомобілями транспортного потоку на автомобільних дорогах Київської області. Досліджувались автомобільні дороги різних категорій та з різними умовами руху. Вимірювання часу проводилось за допомогою електронного секундоміру з точністю 0,01 с в поперечному перерізі автомобільної дороги. Заміри робились для доріг:

- двосмугових – замірялись інтервали часу в кожному напрямку окремо та в обох одночасно;
- чотирьохсмугових – заміряли інтервали часу по напрямкам окремо (на двох смугах в одному напрямку) та по одній смузі окремо для всіх смуг руху.

За цими даними було визначено інтенсивності руху транспортного потоку як по смугам, так і по напрямкам.

Під час дослідження визначалась швидкість руху методом контрольних заїздів за допомогою GPS-приймача.

На сьогодні уже не одноразово проводились дослідження розподілів інтервалу часу на автомобільних дорогах для різних цілей. Сільянов В.В. в свої книзі [109] пропонує використовувати різні закони розподілу інтервалів руху між автомобілями. Відповідно до кількості смуг руху, інтенсивності руху транспортного потоку та рівнів зручності пропонується застосовувати різні розподіли (табл. 3.9) [109].

Таблиця 3.9 – Застосування теоретичних розподілів інтервалів руху між автомобілями

Закон розподілу інтервалів	Інтенсивність руху			Рівень зручності
	2х см.	4х см.	6ти см.	
Пуассона	200	500	1100	А
Пуассона з поправками	250	600	1200	А
Пірсона III типу	650	1250	2250	Б, В
Ерланга	300	800	1 200	Б
Гамма	250	850	1 300	Б
Змішаний розподіл	450	1 000	2000	А, Б, В

З таблиці 3.7 видно, що Закон Пуассона можливо застосовувати лише для рівнів зручності А. Для рівнів Б та В краще застосовувати інші закони розподілу. Причому Сільянов В.В. [109] рекомендує використовувати закон Пуассона, тому що він легше розраховувався, на відміну від інших складніших розподілів.

Однією з найпоширеніших задач, яку вирішують за допомогою дистанції між автомобілями або інтервалу часу – є встановлення можливості здійснення обгону та випередження. Смірнова Н.В. в своїй статті по встановленню залежності мінімально безпечної дистанції від швидкості та дорожніх умов використовує зміщений експоненціальний розподіл [138].

Зважаючи на те, що склад та інтенсивність руху транспортного потоку сильно змінилась за останні десятиліття, покращились експлуатаційні показники автомобілів та вдосконалились методи обчислення, й були проведені експериментальні дослідження інтервалів руху між автомобілями. В результаті підбору імовірнісного закону розподілу було встановлено, що саме гамма-розподіл найкраще описує отримані теоретичні дані (рис. 3.24) [109]:

$$f(t, \alpha, \beta) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \cdot t^{\alpha-1} \cdot e^{-\frac{t}{\beta}}, \quad (3.12)$$

де t – інтервали руху між автомобілями, с;

e – основа натурального логарифма, $e=2,71$;

$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty t^{\alpha-1} \cdot e^{-t} dt$ - гамма-функція теоретичного розподілу від часу t ;

α, β – коефіцієнти, що змінюються залежно від інтенсивності руху транспортного потоку.

В результаті проведених експериментальних досліджень було встановлено, що для автомобільних доріг з чотирма смугами руху в розподілі інтервалів між автомобілями на двох смугах в одному напрямку при різній інтенсивності руху коефіцієнт гамма-розподілу α буде рівний 2, двома смугами руху – $\alpha = 1$, а коефіцієнт β змінюється залежно від інтенсивності. Разом з цим виникає необхідність ввести додатковий поправочний коефіцієнт k , який змінюється при різних β .

При $\alpha = 1$ гамма-функція $\Gamma(\alpha)$ рівна 1, при $\alpha = 2$ – $\Gamma(\alpha)$ рівна близько 1, і приймається рівною 1. Враховуючи, що $\Gamma(\alpha) = 1$, запропоновано залежності, з двома коефіцієнтами, які можна записати для $\alpha = 1$ (3.13) та $\alpha = 2$ (3.14) у вигляді:

$$f(t) = \frac{k}{\beta} \cdot e^{-\frac{t}{\beta}}, \quad (3.13)$$

$$f(t) = \frac{k}{\beta^2} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{\beta}}, \quad (3.14)$$

де β – коефіцієнт, що змінюється залежно від інтенсивності руху транспортного потоку (табл. 3.11);

k – поправочний коефіцієнт, що змінюється залежно від β (табл. 3.11).

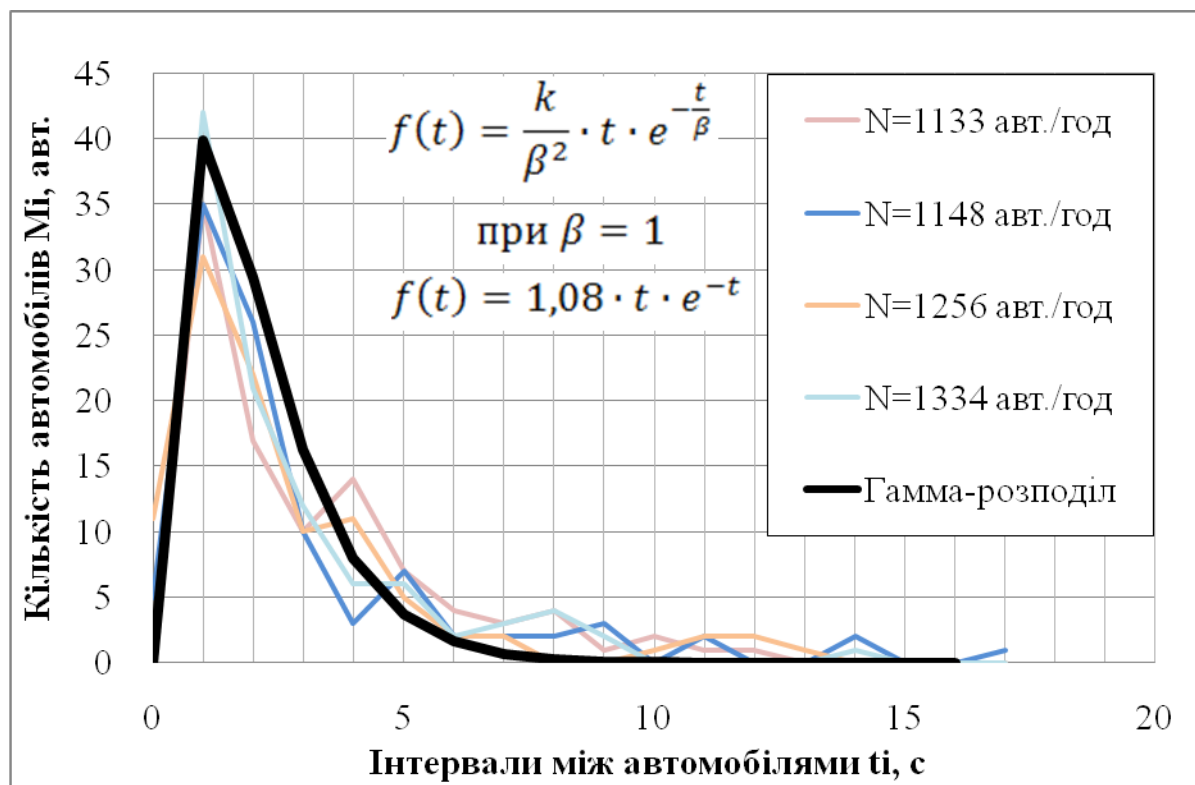


Рисунок 3.5 – Залежність кількості автомобілів та інтервалу часу між ними, на чотирьох смугових автомобільних дорогах при інтенсивності руху в одному напрямку від 1 000 до 1 500 авт./год згідно дослідження

Аналіз графіків (рис. 3.5 та рис. В.1 - рис. В.3), які побудовані на основі експериментальних спостережень, дозволив визначити коефіцієнти β та k , що залежать від інтенсивності руху в одному напрямку (табл. 3.10). Ступінь відповідності експериментальних та теоретичних розподілів між собою (r^2) – 0,96.

Графіки розподілу частки автомобілів в залежності від інтервалу часу між ними для вище вказаних умов наведені в додатку (Додаток В, рис. В.1 – В.3).

Таблиця 3.10 – Значення коефіцієнтів β та k при застосуванні гамма-розподілу інтервалів руху між автомобілями транспортного потоку

Інтенсивність руху в одному напрямку, авт./год	β	k	r^2	Рекомендований загальний вигляд рівняння
До 700 ¹	3	1,2	0,90	$f(t) = 0,4 \cdot e^{(-t/3)}$
700 – 1 000 ²	2	1,16	0,80	$f(t) = 0,255 \cdot t \cdot e^{(-t/2)}$
1 000 – 1 500	1	1,08	0,96	$f(t) = 1,08 \cdot t \cdot e^{-t}$
Від 1 500	0,75	1,02	0,97	$f(t) = 2,05 \cdot t \cdot e^{(-t/0,75)}$
Примітки: 1 – коефіцієнти для доріг з двома смугами руху; 2 – коефіцієнти отримані для даної інтенсивності руху можна застосовувати як по двом смугам руху в одному напрямку, так і для моделювання руху по крайній правій смузі руху.				

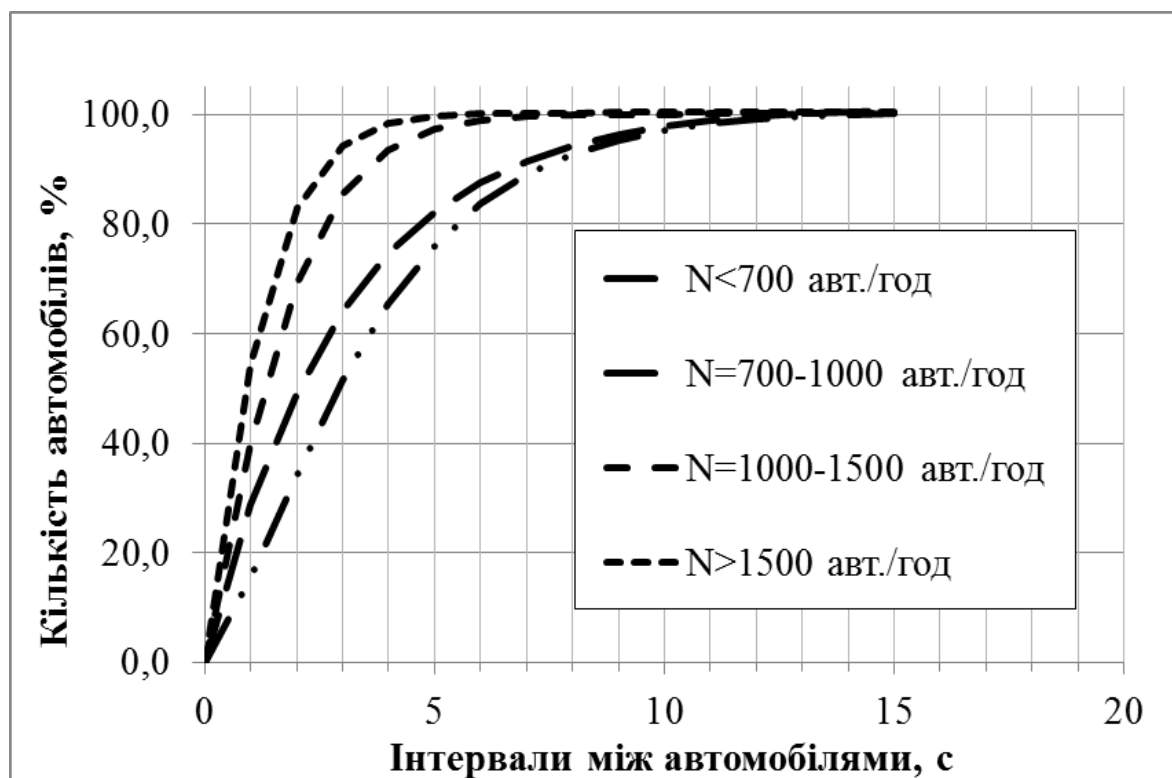


Рисунок 3.6 – Теоретичний розподіл накопичених інтервалів руху між автомобілями транспортного потоку для різних значень інтенсивності руху

Використовуючи графіки наведені на рис. 3.6 можна визначити відсоток автомобілів транспортного потоку, що будуть рухатись з інтервалом меншим заданого. Наприклад, при інтенсивності руху від 700 до 1000 авт./год 75 % автомобілів будуть рухатись з інтервалом руху до 5с.

3.6 Визначення кількості автомобілів на ділянці автомобільної дороги за певний проміжок часу

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. Під час дослідження було визначено інтенсивність руху на ділянці автомобільної дороги, швидкість транспортного потоку та інтервали часу між автомобілями на автомобільних дорогах Київської області. Досліджувались автомобільні дороги різних категорій та з різними умовами руху.

Вимірювання часу проводилось за допомогою електронного секундоміру з точністю 0,01 с в поперечному перерізі автомобільної дороги. За цими даними було визначено інтенсивності руху транспортного потоку як по смугам, так і по напрямкам. Під час дослідження визначалась швидкість руху методом контрольних заїздів за допомогою GPS-приймача.

Було перевірено справедливність дискретного розподілу Пуассона імовірності появи автомобіля за певний період часу [109]. Для цього було проведено аналіз даних по напрямкам руху окремо та сумарно за формулами, наведеними в пункті 2.1 (2.7 – 2.13). Час знаходження автомобілів на ділянці автомобільної дороги прийнято 5 с та 10 с.

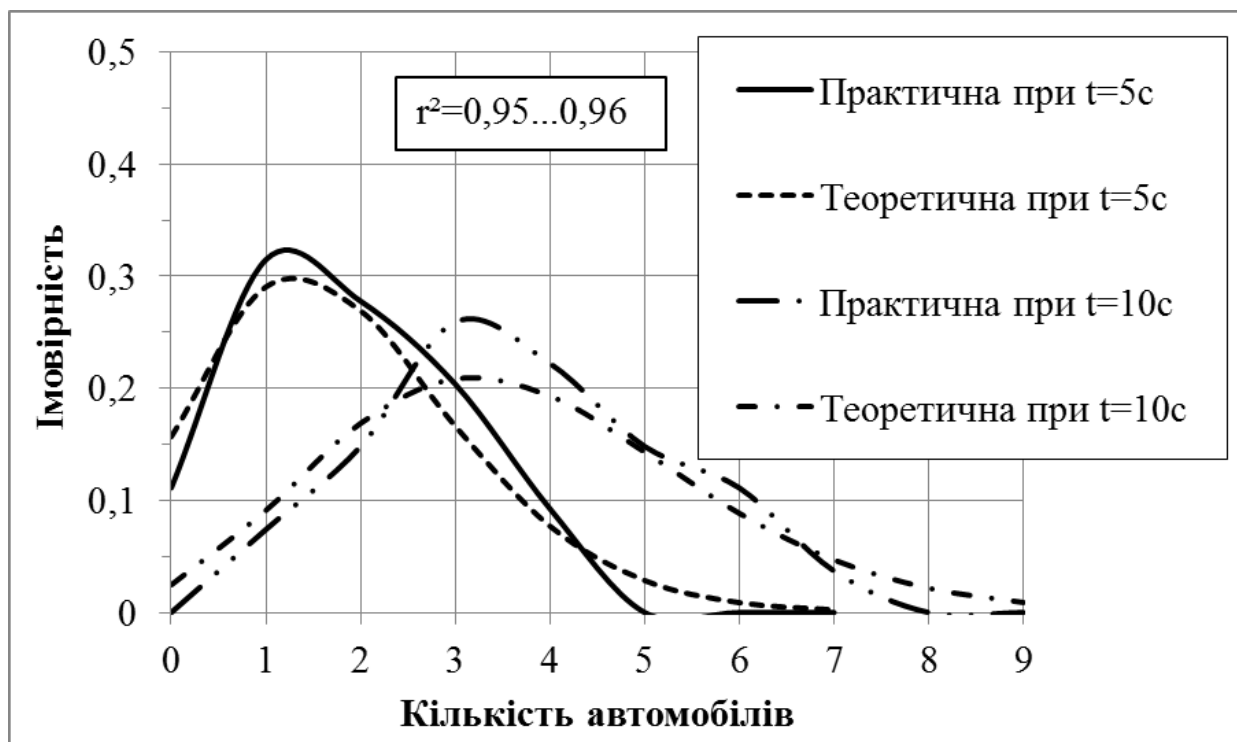


Рисунок 3.7 – Імовірність знаходження автомобілів на дороги М-06 Київ – Чоп на км 32 з інтенсивністю руху 1334 авт./год за 5 с та 10 с

З рисунку 3.7 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.

3.7 Встановлення залежності кількості заправок автомобілів від інтенсивності руху транспортного потоку

Визначаючи імовірність появи понад 1 автомобіля в зону можливого негативного впливу, варто зауважити, що на автозаправній станції також перебувають автомобілі, що здійснюють заправку чи зупинились скористатись послугами сервісу. Кількість автомобілів, що одночасно

перебуватимуть на автозаправній станції залежить від декількох факторів: інтенсивність руху та відстань від попередньої станції.

Результати натурних спостережень для автомобільної дороги М-03 відображені на рисунку 3.8, а для дороги Н-07 і сумісної ділянки з дорогою М-01 на рисунку 3.9.

Аналіз отриманих даних з експериментального дослідження проводився кожні 10 км досліджуваних автомобільних доріг, так як на деяких ділянках взагалі відсутні АЗС та, відповідно, заправка не відбувалась, як це видно на рисунках 3.8 та 3.9. На ділянках, де знаходились автозаправні станції, кількість заправок сягала від 2 до 30%. Це можна пояснити тим, що кількість заправок залежить не лише від інтенсивності руху транспортного потоку, але й від окремих індивідуальних факторів.

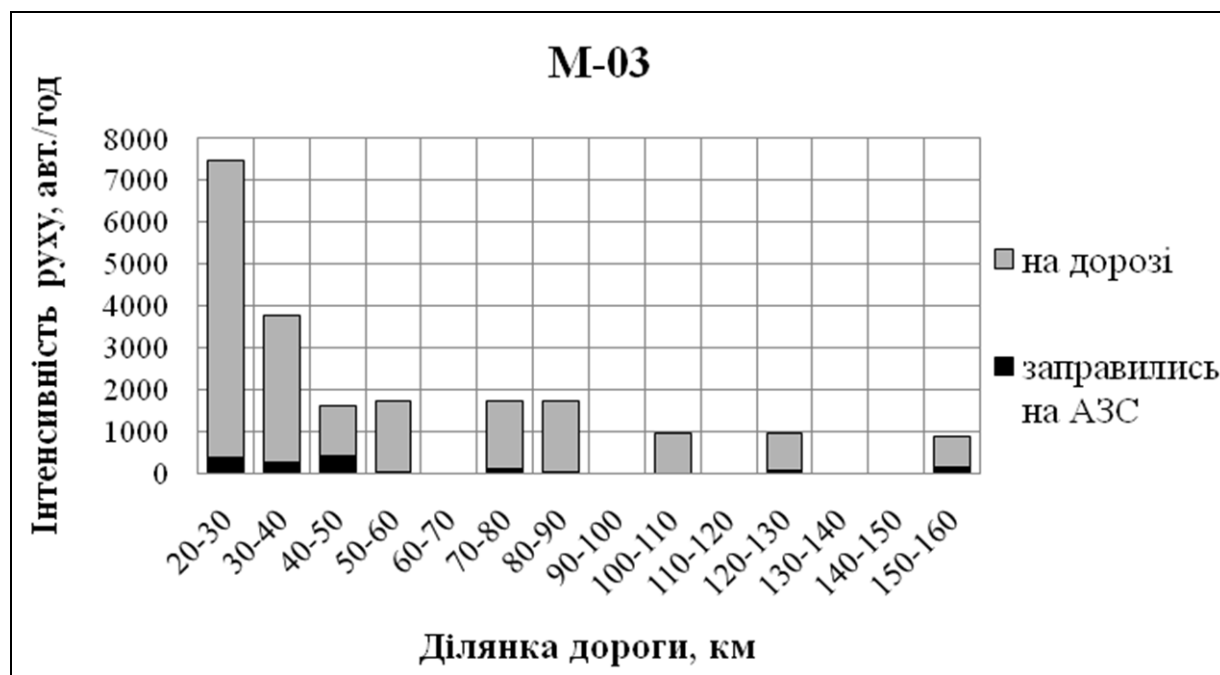


Рисунок 3.8 – Діаграма зміни інтенсивності руху та кількості заправок вздовж ділянки автодороги М-03

На автомобільній дорозі М-03 на ділянці від км 20 до км 40 інтенсивність зменшується (рис. 3.8), в зв'язку з розділенням потоку в різні напрямки руху, а от кількість заправок залишається на тому ж рівні. На ділянці від км 40 до км 50 кількість заправок різко зростає, а інтенсивність

руху навпаки зменшується, тому що дорога проходить через місто Бориспіль. Далі інтенсивність руху не значно збільшується, але кількість заправок дуже мала в порівнянні з попередніми ділянками дороги. Через наближення до міста Пирятин та транспортного вузла потреба в заправці зростає [139, 140].

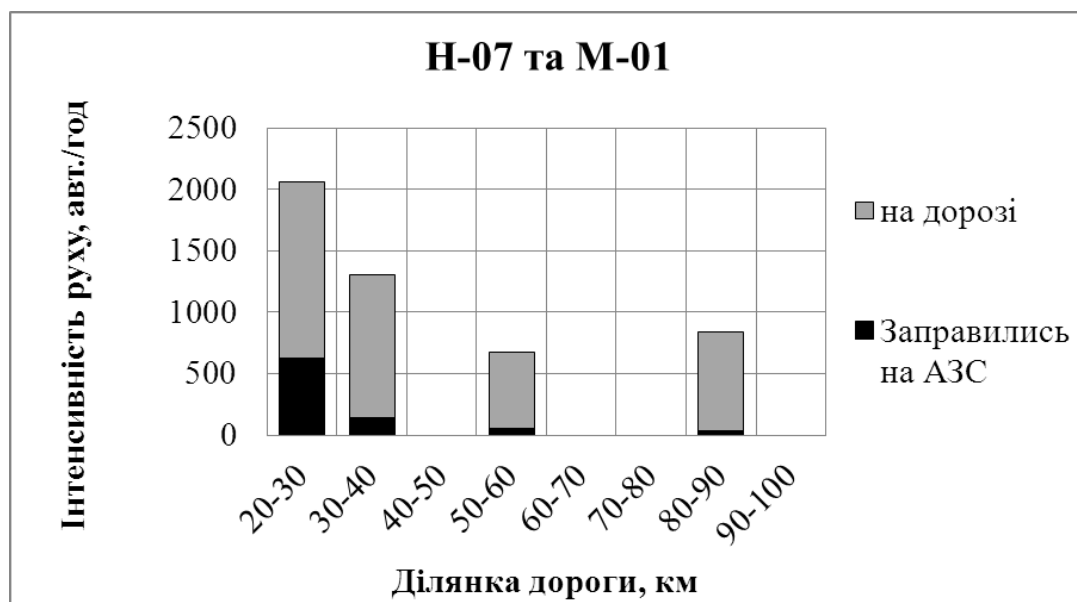


Рисунок 3.9 – Діаграма зміни інтенсивності руху та кількості заправок вздовж ділянки автодороги Н-07 та М-01 (км 20 – км 30)

Подібну ситуацію можна спостерігати на ділянці автомобільної дороги М-01 від км 20 до км 30 (рис. 3.9). Ця ділянка дороги характеризується не лише значною інтенсивністю автомобілів але й великою кількістю логістичних центрів, що є кінцевою або початковою точкою для багатьох автомобілів, які рухаються нею. Таке розміщення призводить до збільшення кількості заправок відносно інтенсивності руху, наприклад, порівняно з М-03.

Таблиця 3.11 – Вихідні дані для встановлення залежності частки автомобілів від основного потоку, що здійснюють заправку, та відстані між автозаправними станціями

Відстань до попередньої АЗС, м	Частка автомобілів від основного потоку, що здійснюють заправку, %
5,0	2,31
1,5	0,51
0,6	0,51
3,3	2,31
3,5	3,40
2,2	2,27
0,6	0,91
0,5	1,36
1,0	1,94
11,0	7,77
3,7	3,90
3,5	1,95
7,7	4,55
3,0	1,30
2,0	1,95
8,8	3,74
5,0	1,79
0,3	0,89
0,2	2,68
10,0	6,50
13,0	10,50
7,4	2,00

Виходячи з отриманих даних (табл. 3.11), було встановлено залежність відстані між автозаправними станціями та частки автомобілів, що

здійснюють заправку, від основного потоку (рис. 3.10). Отримана залежність може бути відображена як експоненціальна крива, що описується формулою:

$$k = 1,0834 \cdot e^{0,1674 \cdot l} \quad (3.15)$$

де k – частка автомобілів від основного потоку, що здійснюють заправку, %;

e – основа натурального логарифма, $e=2,71$;

l – відстань до попередньої АЗС, км.

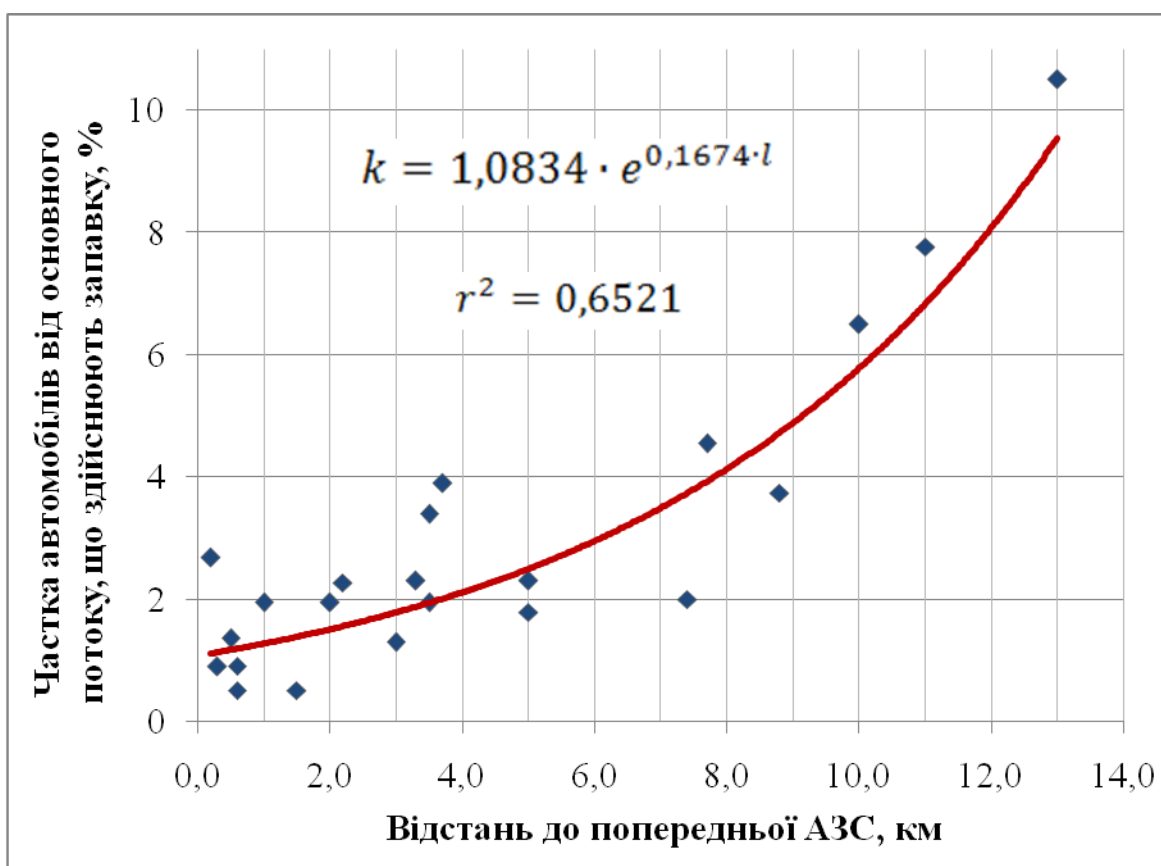


Рисунок 3.10 – Графік зміни частки автомобілів від основного потоку, що здійснюють заправку, від відстані між автозаправними станціями

Також було встановлено залежність між кількістю автомобілів, що заїжджають на АЗС, від інтенсивності руху на автомобільній дорозі та

відстанню між станціями (рис. 3.11). Дані для встановлення залежності наведені в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 – Вихідні дані для встановлення зміни кількості автомобілів, що здійснюють заправку, від інтенсивності руху на автомобільній дорозі та відстані між автозаправними станціями

Інтенсивність руху, авто/год	Кількість автомобілів, що заїхали на АЗС, авто/год	Інтенсивність руху, авто/год	Кількість автомобілів, що заїхали на АЗС, авто/год
До 10 км			
897	16	1718	27
897	24	1718	33
897	35	1718	41
975	36	1779	45
1410	27	1779	55
1567	31	3414	78
1718	21	4113	100
До 20 км		До 30 км	
600	26	500	31
847	26	975	36
975	31	1718	47
1040	36	До 40 км	
1718	35	500	38
1718	45	594	38
		843	42
		1500	51

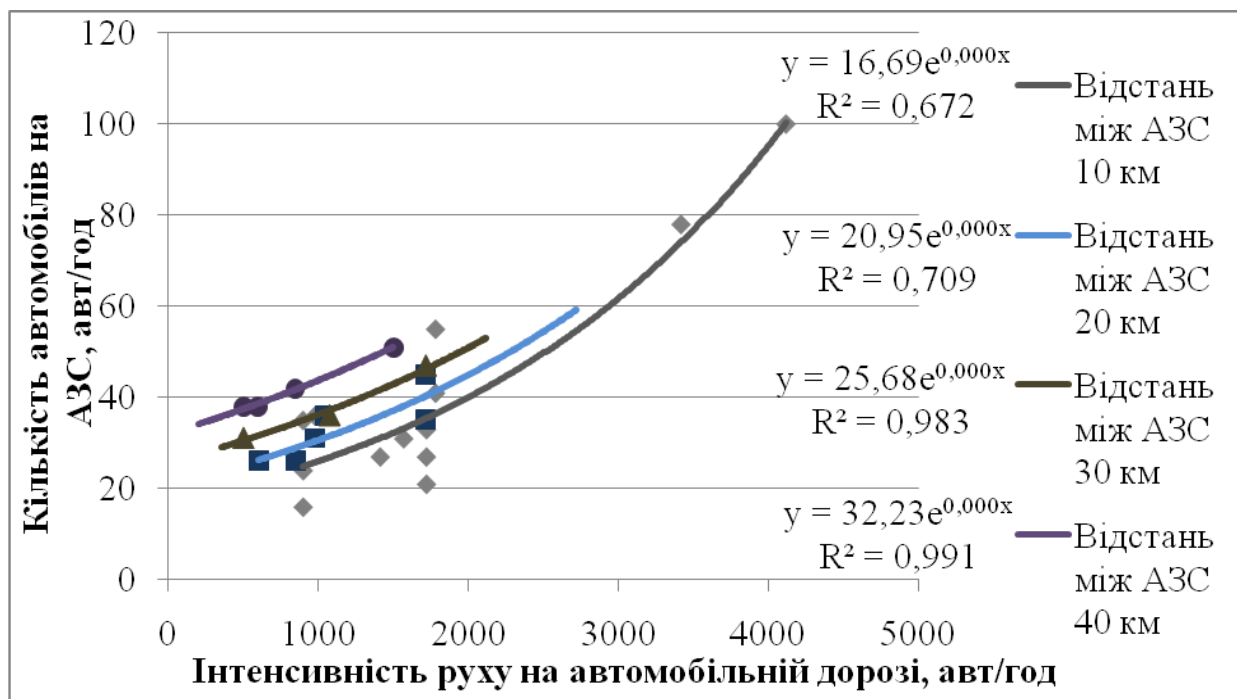


Рисунок 3.11 – Номограма зміни кількості автомобілів, що здійснюють заправку, від інтенсивності руху на автомобільній дорозі та відстані між автозаправними станціями

Використовуючи номограму наведену на рисунку 3.11, можна визначити необхідну потужність автозаправної станції для заданої інтенсивності руху на автомобільній дорозі та відстанню між станціями. Наприклад, при інтенсивності руху рівній 2000 авт/год та відстані між АЗС 10 км кількість автомобілів, що заїдуть на станцію, складе близько 40 авто/год, що відповідає малій АЗС (100 автозаправок на добу).

Для того щоб встановити імовірність знаходження автомобіля на території АЗС необхідно дослідити час обслуговування автомобілів на автозаправних станціях.

3.8 Дослідження закономірності часу знаходження автомобілів на території автозаправної станції

Для встановлення кількості автомобілів, які можуть опинитись на автозаправній станції, було проведено дослідження часу протягом якого

перебуває один автомобіль на території АЗС для здійснення заправки паливом.

Вимірювання часу проводилось за допомогою електронного секундоміру з точністю 0,01 с з моменту заїзду на територію АЗС до моменту виїзду. В цей час автомобіль міг простояти в черзі, під'їхати до паливороздавальної колонки, розрахуватись в касі, потім працівник АЗС здійснював заправку автомобіля та автомобіль покидав територію АЗС.

Вирівнювання емпіричних даних було проведено по закону рідкісних подій (Пуассона). Розподіл імовірностей Пуассона має вигляд [109, 111]:

$$P(k) = \frac{\lambda^k}{k!} \cdot e^{-\lambda}, k \in \mathbb{N}_0, \quad (3.16)$$

де k – випадкова величина, розподілена за законом Пуассона;

λ – параметр розподілу, що є середнім значенням величини k .

Спочатку час обслуговування автомобілів на АЗС було поділено на проміжки по 0,5 хвилини та встановлено середину інтервалу (x_i). Так як розподіл Пуассона виконується тільки для натуральних чисел, а середину інтервалу не завжди натуральне число, виникає необхідність від величини x_i перейти до нової величини x'_i [111]:

$$x'_i = \frac{x_i - x_1}{h}, \quad (3.17)$$

де h – величина інтервалу, 0,5 хвилини.

Величина x'_i набуде вигляду:

$$x'_i = \frac{x_i - 0,5}{0,5}.$$

Середнє значення емпіричного розподілу $\bar{x}'$ визначається за формулою [111]:

$$\bar{x}' = \frac{\sum x'_i \times m_i}{N}, \quad (3.18)$$

де m_i – виміряна частота, кількість автомобілів, що відповідає x'_i ;

N – сума всіх частот m_i .

Формулу (3.16) розподілу імовірності настання події x'_i при середньому значенні $\bar{x}'$ записуємо в наступному вигляді:

$$P(x'_i) = \frac{\bar{x}'^{x'_i}}{x'_i!} \cdot e^{-\bar{x}'}. \quad (3.32)$$

Помноживши $P(x'_i)$ на N отримуємо теоретичні частоти m'_i .

Розрахунки відображені в табл. 3.13.

Таблиця 3.13 – Розрахунок параметрів теоретичного розподілу

Час обслуго- вування, хвилини	Середина інтервалу x_i	x'_i	Частота, кількість автомобілів m_i	$x'_i \times m_i$	$P(x'_i)$	Теоретична частота $m'_i =$ $P(x'_i) \times N$
1	2	3	4	5	6	7
0,25...0,75	0,50	0,00	2	0,0	0,006579	0,55
0,75...1,25	1,00	1,00	6	6,0	0,033054	2,78
1,25...1,75	1,50	2,00	9	18,0	0,083028	6,97
1,75...2,25	2,00	3,00	10	30,0	0,139039	11,68
2,25...2,75	2,50	4,00	13	52,0	0,174626	14,67

Кінець табл. 3.13

1	2	3	4	5	6	7
2,75...3,25	3,00	5,00	12	60,0	0,175457	14,74
3,25...3,75	3,50	6,00	9	54,0	0,146911	12,34
3,75...4,25	4,00	7,00	7	49,0	0,105436	8,86
4,25...4,75	4,50	8,00	5	32,0	0,066211	5,56
4,75...5,25	5,00	9,00	4	27,0	0,036959	3,10
5,25...5,75	5,50	10,00	3	20,0	0,018568	1,56
5,75...6,25	6,00	11,00	2	22,0	0,008480	0,71
6,25...6,75	6,50	12,00	1	12,0	0,003550	0,30
6,75...7,25	7,00	13,00	1	13,0	0,001372	0,12
7,25...7,75	7,50	14,00	0	0,0	0,000492	0,04
7,75...8,25	8,00	15,00	0	0,0	0,000165	0,01
8,25...8,75	8,50	16,00	0	0,0	0,000052	0,004
8,75...9,25	9,00	17,00	0	0,0	0,000015	0,001
Сума			N=84	422		

Знаходимо середнє значення емпіричного розподілу $\bar{x}'$ за формулою (3.18):

$$\bar{x}' = \frac{422}{84} = 5,02$$

Величина $\bar{x}'$ відповідає середньому часу обслуговування автомобіля на АЗС $\bar{x}=3$ хвилини. Для встановлення тісноти зв'язку між випадковими змінними розраховується коефіцієнт кореляції r^2 , що рівний 0,93.

На рис. 3.6 показано теоретичний та емпіричний розподіл часу обслуговування автомобілів на АЗС.

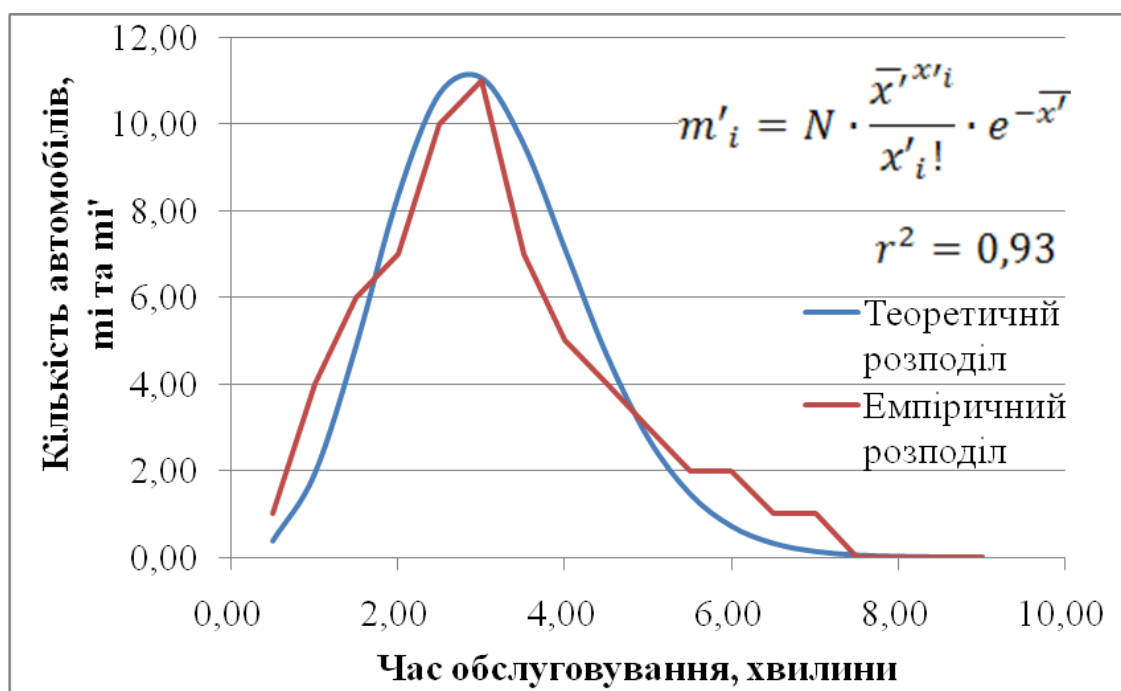


Рисунок 3.12 – Графіки емпіричних та теоретичних функцій розподілу частот часу обслуговування автомобілів на АЗС

Знаючи середній час обслуговування можна встановити імовірність перебування хоча б одного автомобіля на території АЗС у разі виникнення аварійної ситуації.

3.9 Висновки до розділу 3

1) Розміщення АЗС є нерівномірним по довжині доріг. Найбільш густо АЗС розміщуються поряд з великими містами та пересіченнями доріг. В більшості випадків для визначення кількості АЗС в залежності від відстані від міст можна застосувати степеневу залежність.

2) Встановлено, що більшість автозаправних станцій розміщено від краю проїзної частини на відстані до 25 м. Таке близьке розташування збільшує можливий негативний вплив на ділянку автомобільної дороги і робить її небезпечною.

3) Дослідження інтенсивності руху на автомобільних дорогах в зоні розташування АЗС дозволило встановити частку автомобілів, що здійснюють заправку в залежності від інтенсивності потоку транспортних засобів. Ця частка змінюється від 2 до 30 % .

4) Розподіл інтервалів між автомобілями транспортного потоку може бути описаним гамма-розподілом для інтенсивності до 1000 авт./год на одній смузі руху.

5) Кількість автомобілів, що можуть знаходитись на небезпечній ділянці автомобільної дороги, підлягає розподілу Пуассона.

6) Встановлено залежність відстані між автозаправними станціями та частки автомобілів транспортного потоку, що здійснюють заправку. Отримано у вигляді номограми залежність між кількістю автомобілів, що заїжджають на АЗС, інтенсивністю руху на автомобільній дорозі та відстанню між станціями.

7) В розділі висвітлені розрахунки з опублікованих статей [139, 140].

РОЗДІЛ 4

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЯНОК АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ В ЗОНІ РОЗТАШУВАННЯ АЗС

4.1 Методика визначення небезпечних ділянок автомобільних доріг в зоні розташування автозаправних станцій

Існуючі методи визначення небезпечних ділянок на автомобільних дорогах засновані, переважно, на аналізі даних про дорожньо-транспортні події. Після багаторічних досліджень причин виникнення ДТП було виділено ряд елементів автомобільних доріг та їх сполучення, які можна вважати небезпечними (п. 1.1). Проте, існуючі критерії та методи не враховують можливу небезпеку, яку можуть становити об'єкти, що розташовані поряд з автомобільною дорогою.

В другому розділі обґрунтовано та визначено поняття небезпечної ділянки автомобільних доріг в залежності від небезпеки, яка може виникнути на автозаправних станціях (пп. 2.1 – 2.3). Наведено розрахунок параметрів дії небезпечних факторів (п. 2.4).

В третьому розділі дисертаційної роботи наведені результати експериментальних досліджень, що безпосередньо необхідні для визначення небезпечності ділянки автомобільної дороги (пп. 3.2 – 3.8).

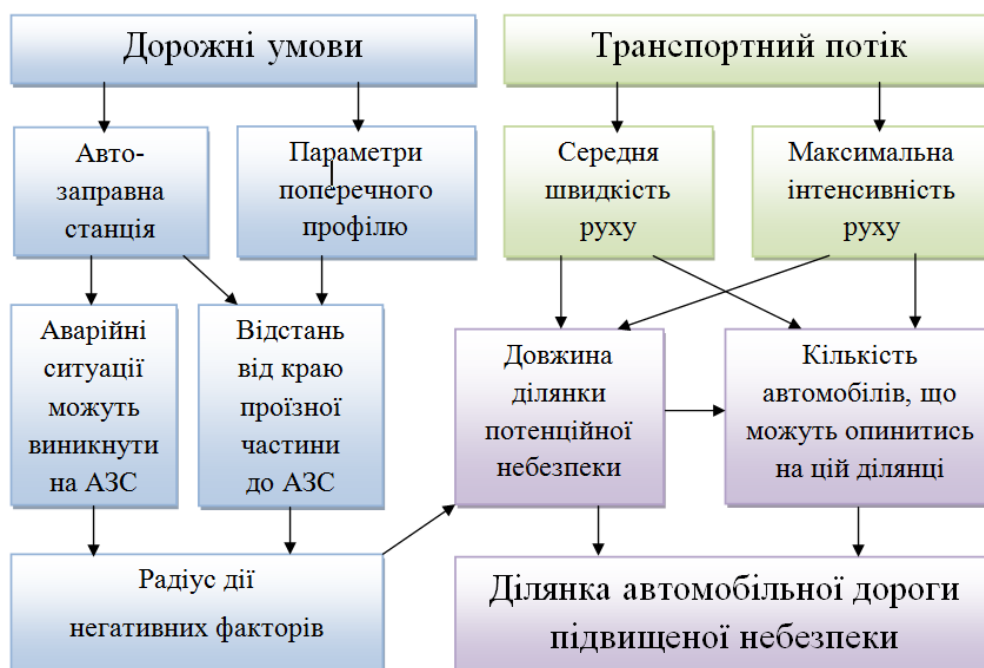
Отже, при проектуванні автомобільних доріг в зоні розміщення автозаправних станцій необхідно враховувати потенційні небезпеки, що можуть впливати на ділянку автомобільної дороги певної довжини.

Для того щоб визначити чи є ділянка автомобільної дороги в зоні розташування автозаправної станції *небезпечною ділянкою*, необхідно:

- встановити максимальну інтенсивність руху за годину на ділянці, що розглядається;
- встановити середню швидкість транспортного потоку;

- визначити параметри поперечного профілю автомобільної дороги (ширина проїзної частини, кількість смуг руху, наявність та ширина розділювальної смуги, наявність металевого парапетного чи бар'єрного огородження, ширина земляного полотна);
- визначити відстань від краю проїзної частини до об'єкту сервісу (технологічного обладнання, що може викликати аварійну ситуацію на об'єкті);
- встановити, які аварійні ситуації можуть виникнути на об'єкті сервісу (вибух, пожежа) та можливий радіус дії небезпечних факторів;
- визначити довжину ділянки автомобільної дороги, що потрапляє в зону можливого ураження;
- розрахувати кількість автомобілів, що можуть опинитись на цій ділянці;
- прийняти рішення щодо віднесення ділянки дороги до небезпечної.

Послідовність проведення робіт щодо визначення небезпечних ділянок автомобільних доріг в зоні розташування автозаправних станцій відображено у вигляді алгоритму на рисунку 4.1.



Рисунк 4.1 – Алгоритм визначення небезпечних ділянок автомобільних доріг в зоні розташування автозаправних станцій.

Методика визначення небезпечних ділянок автомобільних доріг в зоні розташування автозаправних станцій полягає в наступному:

1. Розраховується максимальна інтенсивність руху автомобілів на годину.

Інтенсивності руху на автомобільній дорозі загального користування можна визначати експрес-методом відповідно до ПОР-218-141-2000 «Порядок обліку транспортних засобів на автомобільних дорогах загального користування» [141]. Вимірювання проводиться протягом 15 - 60 хвилин, похибка не перевищує при цьому 5 %. Після завершення спостережень підраховується сумарна кількість автомобілів за типами транспортних засобів та встановлюється склад потоку (за необхідності). Інтенсивність руху за добу ($N_{\text{добу}}$) розраховується за формулою [141]:

$$N_{\text{добу}} = N_{\text{год}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (4.1)$$

де $N_{\text{год}}$ – інтенсивність руху за годину, авт/год.;

K_1 – коефіцієнт зміни інтенсивності руху за годинами доби;

K_2 – коефіцієнт зміни інтенсивності руху за днями тижня;

K_3 – коефіцієнт зміни інтенсивності руху за місяцями року.

Коефіцієнти K_1 , K_2 , K_3 беруться з таблиць 4.1 – 4.3.

Інтенсивність руху за годину встановлюється за формулою [141]:

$$N_{\text{год}} = \frac{a_t \cdot 60}{t}, \quad (4.2)$$

де a_t – кількість автомобілів за період обліку t , шт.;

t – тривалість обліку, рекомендовано (15 – 60) хвилин;

60 – кількість хвилин в годині.

Таблиця 4.1 – Поправочний коефіцієнт години доби (K_1)

Години	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
K_1	12,67	16,31	14,95	16,89	16,0	14,49	16,70	14,0	11,63	15,11	19,72

Таблиця 4.2 – Коефіцієнт зміни інтенсивності руху за днями тижня (K_2)

Дні	понеділок	вівторок	середа	четвер	п'ятниця	субота	неділя
K_2	1,036	1,029	1,074	1,116	1,122	0,996	0,657

Таблиця 4.3 – Коефіцієнт зміни інтенсивності руху за місяцями року (K_3)

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K_3	1,00	0,92	0,79	1,00	1,26	1,01	0,99	1,02	1,01	0,98	1,03	1,00

Максимальна інтенсивність руху автомобілів за годину визначається:

$$N_{\text{макс.год}} = \frac{N_{\text{добу}}}{6,04}, \quad (4.3)$$

де 6,04 – добуток найменших коефіцієнтів ($K_1 = 11,63$; $K_2 = 0,657$; $K_3 = 0,79$).

2. Визначення середньої швидкості транспортного потоку.

Швидкість руху визначається за допомогою приладів вимірювання швидкості (радари) або за допомогою інших методів, наведених в «Положенні про проведення аудиторських перевірок з безпеки дорожнього руху на стадії експлуатації автомобільних доріг загального користування» [142].

Спостереження виконуються окремо для прямого і зворотного напрямків руху на ділянці дороги з метою визначення часу проїзду ділянки або довжини гальмівного шляху автомобілів.

3. Визначаються параметри поперечного профілю автомобільної дороги.

Дані щодо поперечного профілю можна отримати з паспортів автомобільної дороги, або заміряються на місці під час проведення попередніх замірів. Встановлюються наступні дані:

- ширина проїзної частини та кількість смуг руху,
- ширина розділювальної смуги, якщо вона є,
- наявність металевого парапетного чи бар'єрного огородження,
- ширина земляного полотна.

Отримані геометричні параметри дозволять встановити відстані на різних смугах руху (чим більше віддалена смуга руху, тим коротша небезпечна ділянка).

4. Визначається відстань від краю проїзної частини до об'єктів.

Визначається відстань від першої смуги руху до АЗС, а саме до технологічного обладнання: паливо-роздавальних колонок, ємностей для зберігання паливо-мастильних матеріалів, газових блоків та місць зливу палива у підземні резервуари зберігання палива.

Вимірюється відстань від АЗС до природоохоронних об'єктів та місць скупчення людей, наприклад магазинів, кафе, автобусних зупинок та інших.

Вимірюється площа території біля технологічного обладнання, яка обмежена водовідвідними лотками та іншими засобами. Ця площа і буде визначати площу можливого розливу палива з подальшим випаровуванням та утворенням паливо-повітряної суміші.

5. Прогнозуються можливі аварійні ситуації на АЗС та їх кількісні параметри.

В залежності від площі можливого розливу палива та виду палива на АЗС за таблицею 4.4 визначається радіус дії надмірного тиску 14 та 28 кПа.

Таблиця 4.4 – Радіус дії надмірного тиску в фронті вибухової хвилі паливо-повітряної суміші залежно від площі розливу палива, м

Площа розливу, м ²	Радіус дії вибухової хвилі при відповідному значенні надмірного тиску (кПа) для різного палива, м					
	P=14 кПа			P=28 кПа		
	(А-95)	(А-98)	пропан-бутан	(А-95)	(А-98)	пропан-бутан
50	117,1	133,1	141,0	40,1	45,6	88,70
100	183,6	207,9		63	71,3	
150	236,6	266		81,1	91,2	

6. Визначення довжини небезпечної ділянки автомобільної дороги.

Відстань на дорозі де можлива дія негативного впливу (виникнення надлишкового тиску вибухової хвилі) визначається за формулою:

$$S_d = 2 \cdot \sqrt{R^2 - L^2}, \text{ м} \quad (4.4)$$

де R – радіус поширення ударної хвилі (табл. 4.4) , м;

L – відстань від епіцентру вибуху до середини проїзної частини, м.

Довжина гальмівного шляху визначається в кожному напрямку окремо, якщо швидкість руху по напрямках відрізняється, за формулою, м:

$$Si_{\text{гал}} = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \cdot \frac{v}{3,6} + \frac{v^2}{26 \cdot j}, \text{ м} \quad (4.5)$$

де t_1 – час, протягом якого водій усвідомлює необхідність гальмування, с;

t_2 – час запізнення спрацювання гальмівного приводу транспортних засобів, с;

t_3 – час наростання сповільнення, с;

v – швидкість руху автомобіля на початок гальмування (приймається швидкість, яка визначена при проведенні замірів), км/год;

j – прискорення автотранспортних засобів, м/с².

Час реакції водія залежить від дорожньо-транспортної ситуації. Так як у полі зору водія немає об'єктів, які могли стати перешкодою для руху, або ж він немає об'єктивної можливості завчасно визначити місце, де з'явиться перешкода, момент виникнення перешкоди, її характер, а також вчасно вжити необхідних заходів для уникнення ДТП, час реакції водія буде рівним 1,4 с [102].

Загальна довжина небезпечної ділянки буде визначатись:

$$S = S_d + S1_{\text{гал}} + S2_{\text{гал}}, \text{ м} \quad (4.6)$$

7. Визначення часу проїзду ділянки автомобільної дороги.

Час проїзду ділянки автомобільної дороги в одному напрямку визнається за формулою (2.6), с:

$$t_{\text{пр}} = \frac{S_d + S_{i_{\text{гал}}}}{v_i}, \quad (4.7)$$

де v_i – середня швидкість руху автомобілів на даній ділянці в кожному напрямку, м/с.

8. Розраховується імовірність того, що на ділянці дороги довжиною S з'явиться хоча б один автомобіль.

Імовірність того, що на ділянці дороги довжиною S з'явиться хоча б один автомобіль, за однакових умов руху в обох напрямках, визначається за формулою:

$$P_{n \geq 1}(t) = 1 - e^{-\lambda t}, \quad (4.8)$$

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

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

t – час, за який може з'явитись n автомобілів, рівний $t_{пр}$ (визначений вище), с.

Імовірність того, що на ділянці дороги довжиною S з'явиться хоча б один автомобіль, при різних швидкості руху потоку чи інтенсивності руху, визначається за формулою:

$$P_{n \geq 1}^{заг}(t) = 1 - e^{-\lambda t} \cdot e^{-\lambda_3 t_3}, \quad (4.9)$$

де λ , λ_3 – максимальна інтенсивність руху транспортного потоку, відповідно, в прямому та зворотному напрямках, авт./с;

t , t_3 – час, за який може з'явитись n автомобілів, відповідно, в прямому та зворотному напрямках, с.

У випадку, якщо на дорозі з багатьма смугами руху є бар'єрне огороження парпетного типу, то при визначенні кількості автомобілів в зоні потенційної небезпеки можна розглядати ділянку дороги лише в одному напрямку (з боку розташування об'єкту сервісу).

9. Надання висновків та рекомендацій.

Якщо хоча б один автомобіль може опинитись на цій ділянці в момент виникнення аварійної ситуації, то таку ділянку можна вважати підвищеної небезпеки і необхідно вжити заходів, щодо зменшення небезпеки.

4.1.1 Розрахунок параметрів небезпечної ділянки

Для прикладу розглянуто АЗС «UPG», що розташована на км 57 автомобільної дороги М-03 Київ – Харків – Довжанський.

1. Розраховуємо максимальну інтенсивність руху автомобілів на годину.

Заміри інтенсивності руху на ділянці автомобільної дороги М-03 проводились в обох напрямках сумарно. Інтенсивність руху за годину становить $N_{год} = 924$ авт./год, година замірів – 12, місяць – червень, день тижня – субота. Інтенсивність руху за добу складатиме:

$$N_{добу} = 924 \cdot 16,0 \cdot 0,996 \cdot 1,01 = 14872 \text{ авт./добу}$$

Максимальна інтенсивність за годину буде становити:

$$N_{\text{макс.год}} = \frac{14872}{6,04} = 2462 \text{ авт./год}$$

2. Визначаємо середню швидкість транспортного потоку.

Спостереження виконувались окремо для прямого і зворотного напрямків руху. В обох напрямках середня швидкість руху становила 90 км/год (25 м/с).

3. Визначаємо параметри поперечного профілю автомобільної дороги.

Ширина проїзної частини становить – 15 м (4 смуги руху по 3,75 м).

Розділювальна смуга та бар'єрне огороження відсутні.

4. Визначаємо відстань від краю проїзної частини до об'єктів.

Відстань від краю проїзної частини до автозаправної станції – 14 м.

Так як розділової смуги та бар'єрного огороження немає, то відстань до середини проїзної частини – 21,5 м ($15/2 + 14$).

Інших об'єктів поряд зі станцією не має.

Площа території біля технологічного обладнання, яка обмежена водовідвідними лотками – 50 м^2 .

5. Прогнозуємо можливі аварійні ситуації на АЗС та їх кількісні параметри.

На автозаправній станції «UPG» реалізують декілька видів палива – бензин А-95, А-98 та дизельне паливо. Згідно таблиці 4.4 для надмірного тиску $P = 28 \text{ кПа}$ приймемо радіус його дії $45,6 \text{ м}$.

6. Визначення довжини небезпечної ділянки автомобільної дороги.

Відстань на дорозі де можлива дія негативного впливу (виникнення надлишкового тиску вибухової хвилі) буде рівною:

$$S_d = 2 \cdot \sqrt{45,6^2 - 21,5^2} = 40,2 \text{ м}$$

Довжина гальмівного шляху буде однаковою для обох напрямків:

$$S1_{\text{гал}} = S2_{\text{гал}} = (1,4 + 0,2 + 0,2) \cdot \frac{90}{3,6} + \frac{90^2}{26 \cdot 7,5} = 86,5 \text{ м}$$

Довжина ділянки буде рівна $S = S_d + S1_{\text{гал}} + S2_{\text{гал}} = 213,2 \text{ м}$.

7. Визначення часу проїзду ділянки автомобільної дороги.

Час проїзду ділянки автомобільної дороги буде рівним, с:

$$t1_{\text{пр}} = t2_{\text{пр}} = \frac{40,2 + 86,5}{25} = 5,07 \text{ с.}$$

8. Розраховуємо імовірність того, що на ділянці дороги довжиною S з'явиться хоча б один автомобіль:

$$P_{n \geq 1}(t) = 1 - e^{-0,685,07} = 0,99$$

Отже, за час 5,07 с, який необхідний для проїзду небезпечної ділянки довжиною 213,2 м, імовірність появи хоча б одного автомобіля складає 0,99.

Результати розрахунків для середніх значень L наведені в наступних таблицях.

Як слідує з розрахунків (табл. 4.5) довжина небезпечної ділянки, де можливий тиск 28 кПа, в залежності від швидкості руху автомобілів змінюється від 175 до 287 м, а при тиску 14 кПа – від 358 до 565 м.

Таблиця 4.5 – Довжина небезпечної ділянки залежно від швидкості руху, площі розливу палива та розрахункового надмірного тиску, м

Площа розливу, м ²	$P = 14$ кПа				$P = 28$ кПа			
	Середня швидкість руху, км/год				Середня швидкість руху, км/год			
	70	80	90	100	70	80	90	100
50	358	375	394	414	175	193	212	231
100	509	526	545	565	231	249	267	287

Для розрахунку імовірності того, що на ділянці дороги довжиною S з'явиться хоча б один автомобіль визначаємо час проїзду автомобілями відповідних ділянок (табл. 4.6).

Таблиця 4.6 – Час проїзду небезпечної ділянки залежно від швидкості руху, площі розливу палива та розрахункового надмірного тиску, м

Площа розливу, м ²	$P = 14$ кПа				$P = 28$ кПа			
	Середня швидкість руху, км/год				Середня швидкість руху, км/год			
	70	80	90	100	70	80	90	100
50	17,9	16,6	15,6	14,9	8,5	8,4	8,3	8,4
100	25,6	23,4	21,7	20,4	11,4	10,9	10,6	10,4

Імовірність появи автомобілів на ділянці дороги буде залежати від часу проїзду та інтенсивності руху на ділянці (табл. 4.7).

Таблиця 4.7 – 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 отриманих даних видно що імовірність появи автомобіля на небезпечній ділянці автомобільної дороги досить висока.

4.2 Проектування ділянки автомобільної дороги в зоні розміщення автозаправної станції

Можна виділити два випадки врахування розміщення автозаправних станцій біля автомобільних доріг.

Одним випадком є розміщення нових автозаправних станцій на існуючих автомобільних дорогах. В цьому випадку Служба автомобільних доріг, що відповідає за ділянку дороги, надає дозвіл з врахуванням певних вимог до розміщення нових АЗС. З врахуванням результатів виконаних досліджень можна рекомендувати узгодження розташування АЗС на відстані від краю проїзної частини, більшою 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.

В таблиці 4.8 наведені рекомендовані відстані розміщення АЗС від автомобільної дороги (при $P = 28$ кПа) та місць масового скупчення людей ($P = 14$ кПа) залежно від площі ділянки території АЗС, на якій знаходиться транспортний засіб при зливі палива до місць його зберігання.

Таблиця 4.8 – Рекомендована відстань розміщення АЗС відносно автомобільної дороги та місць масового скупчення людей, м

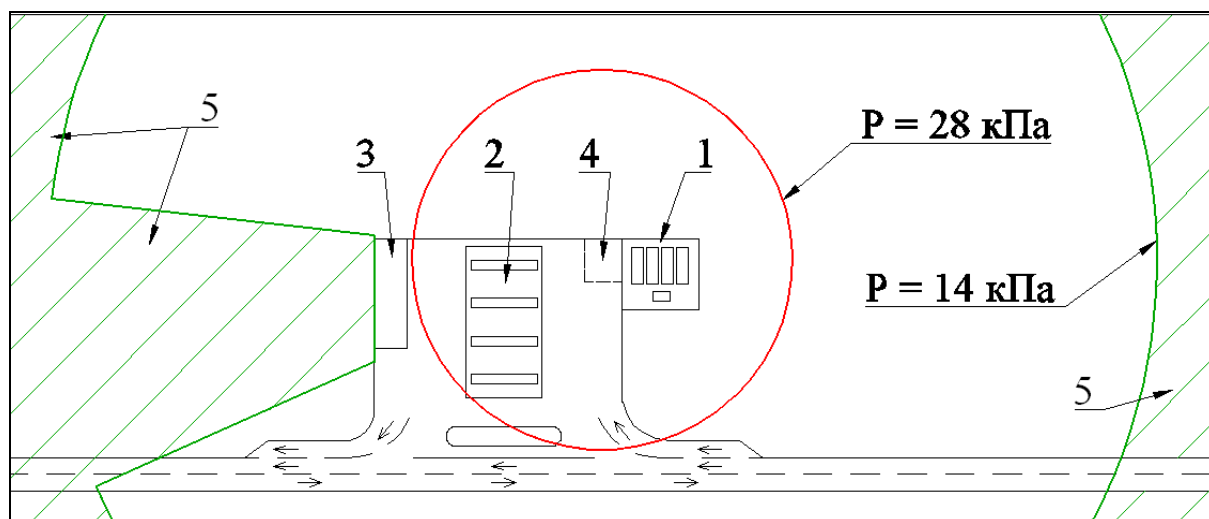
Вид витоку палива		Рекомендована відстань, м	
		від краю проїзної частини	від місць масового скупчення людей
Площа обмеженої ділянки, м ²	50	45	133
	100	70	208
	150	90	266
Газ (пропан-бутан)		90	141

Другим випадком є проектування ділянки автомобільної дороги (проект капітального ремонту) з урахуванням зменшення ризику та негативного впливу на автомобільну дорогу від уже існуючих АЗС. Кардинальним рішенням є перенесення АЗС на відстань рекомендовану в табл. 4.8. В іншому випадку, коли автозаправні станції вже побудовані та не відповідають вимогам, що наведені в табл. 4.8, необхідно запроектувати ділянку дороги так, щоб був зменшений негативний вплив від автозаправної станції [143 – 145].

4.2.1 Рекомендації щодо розміщення будівель об'єктів сервісу на автозаправних комплексах

На автозаправних комплексах присутні різні види сервісу: магазини, ресторани чи їдальні, станції технічного обслуговування, мийки для автомобілів, стоянки, майданчики відпочинку та готелі. Всі ці види

обслуговування варто розміщувати з одного боку операторної, а ПРК та резервуарний парк з іншого. В такому випадку операторна буде відігравати роль захисної споруди для інших об'єктів, розміщених в комплексі (зелена межа на рис. 4.2).



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 – безпечна зона для розміщення різних об'єктів сервісу

Рисунок 4.2 – Схема рекомендованого розміщення об'єктів сервісу на АЗК

В цій захищеній зоні рекомендовано розміщувати об'єкти, де можливе масове скупчення людей, – ресторани чи їдальні, майданчики для відпочинку та стоянки транспортних засобів.

4.2.2 Проектування захисних споруд на ділянках автомобільних доріг в зоні розташування автозаправних станцій

На сьогодні на автомобільних дорогах існує значна кількість автозаправних станцій. Виконані дослідження свідчать про достатню, значно більшу за нормативні вимоги, кількість АЗС на автомобільних дорогах. Це необхідно враховувати в проектах капітального ремонту ділянок автомобільних доріг, передбачити цілий комплекс проектних рішень щодо

зменшення ризику та негативного впливу в зоні розташування автозаправних станцій.

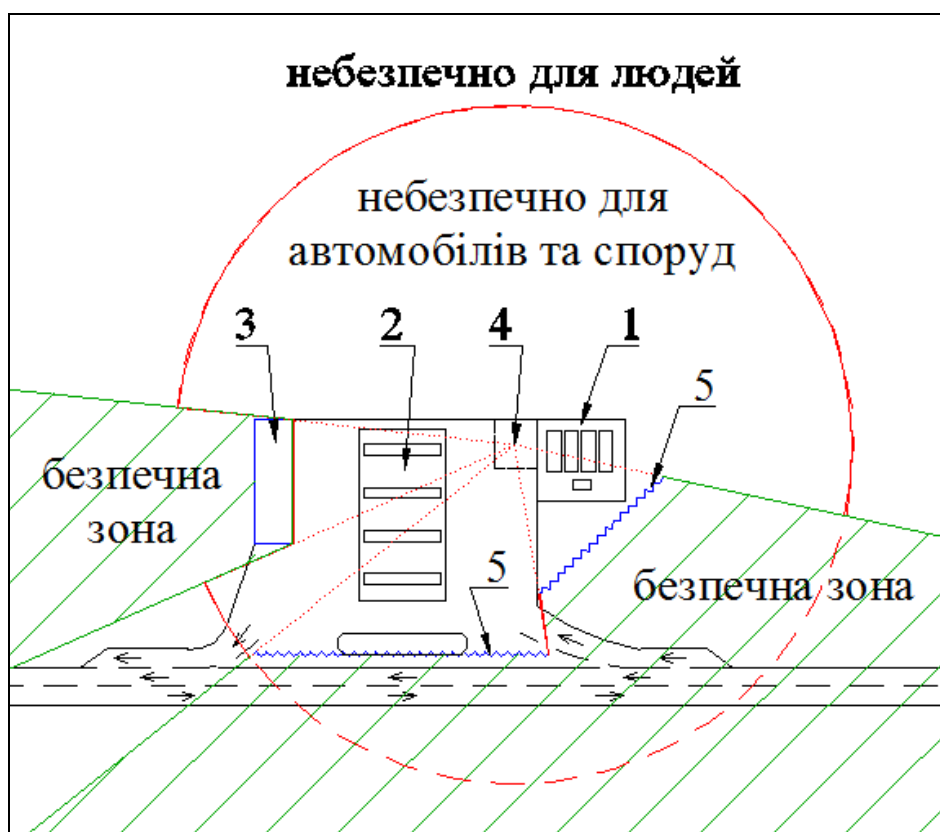
Як правило, проекти капітального ремонту не передбачають значної зміни в поздовжньому профілі відносного розташування АЗС та дороги, що було б одним із варіантів зменшення дії надмірного тиску при аварійній ситуації. Головна увага при проектуванні ділянки автомобільної дороги в зоні розташування АЗС повинна бути приділена проектуванню захисних споруд.

Такі споруди повинні виконувати функції захисту людей та автомобілів, що рухаються по автомобільній дорозі, будівель і споруд від небезпечних факторів, серед яких можна виділити надмірний тиск при вибусі паливо-повітряної суміші в разі виникнення аварійної ситуації.

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 не буде перевищувати 1,5 - 2,0 м.

Для захисту автомобільної дороги від вибухової хвилі можна встановити вибухозахисну стінку, що знизить силу ударної хвилі (рис. 4.3). Варіант місця для встановлення такої стінки – острівець безпеки між дорогою й територією автозаправної станції. В залежності від довжини визначеної небезпечної ділянки можливе також встановлення захисних споруд в місцях заїзду та виїзду на/з території АЗС.

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.



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 4.3 – Приклад розміщення захисної стінки біля АЗС

Розміри небезпечної ділянки автомобільної дороги були визначенні з врахуванням дії надмірного тиску величиною 28 кПа. З врахуванням сферичної дії надмірного тиску необхідно передбачити розрахунок товщини споруди на той тиск, який може бути на відстані від центру виникнення аварії до цієї споруди. Величина розрахункового тиску для визначення розмірів та товщини споруди, прийнятого як бічне навантаження, визначається за графіком на рис. 4.4.

На рис. 4.4 показано, що при площі обмеженої ділянки, де можливий розлив пального, 50 м² та відстані до захисної стінки 30 м, надмірний тиск вибухової хвилі становитиме 55 кПа. На рис. 4.3 зображені дві різні захисні стінки на різних відстанях від центру, тому й надмірний тиск буде різний. Це дозволяє спроектувати захисну стінку змінної товщини або передбачити використання різних матеріалів в конструкціях захисних стінок.

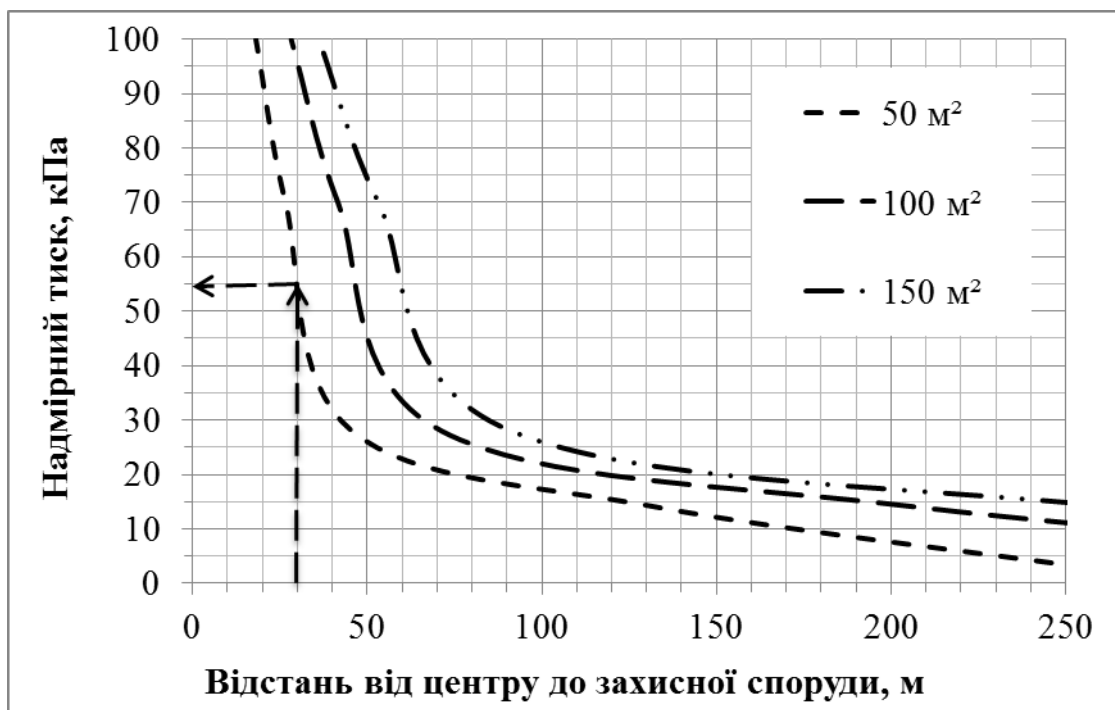


Рисунок 4.4 – Графік зміни надмірного тиску вибухової хвилі з відстанню від епіцентру можливого вибуху при різних площах обмеженої ділянки

При проектуванні та розрахунках захисних споруд як будівельних конструкцій треба мати на увазі особливості їх поведінки при горизонтальних навантаженнях, що виникають при вибухах. Під впливом ударної хвилі будівлі і споруди поведуться як пружні коливальні системи. Розрахункова оцінка такої дії вимагає рішення досить складних динамічних задач, пов'язаних з описом поведінки пружних конструктивних елементів будівель і споруд під впливом ударних навантажень, визнаних такими, що змінюються в часі і просторі. Виникаючі в конструктивних елементах навантаження залежать від параметрів хвилі, характеристик об'єкту, його розмірів і орієнтації щодо фронту хвилі [123].

Особливостями дії вибуху на будівельні конструкції є поєднання постійних та тимчасових навантажень з потужними короточасними динамічними навантаженнями вибухових впливів з вільною орієнтацією. Об'єкти, які з великою вірогідністю можуть опинитися під впливом вибухів, слід розраховувати на особливі поєднання навантажень. Але, в будь-якому випадку, треба підтверджувати розрахунками умову перевищення

навантажень від вибуху над природними навантаженнями. Розрахунки на вибухові навантаження необхідно проводити згідно державних будівельних норм [146 – 151].

Для прикладу розглянемо захисну стінку з пустотілих бетонних цеглин марки 200 на цементному розчині марки 50 з цепною перев'язкою швів. Розрахунок елементів, що згинаються, проводяться в припущенні пружної роботи кладки по формулі [152]:

$$M < R_{tb} \cdot W, \quad (4.10)$$

де M – згинаючий момент, Н·м;

W – момент опору січення кладки, см³;

R_{tb} – розрахунковий опір кладки при згині по перев'язаному шву, Па.

На дію поперечної сили згинальні елементи розраховуються за формулою [152]:

$$Q \leq R_{t\omega} \cdot b \cdot z, \quad (4.11)$$

де Q – поперечна сила, Н;

$R_{t\omega}$ – розрахунковий опір кладки головним розтягуючим напруженням при згині, Па;

z – плече внутрішньої пари сил, для прямокутного січення, м:

$$z = \frac{2}{3} \cdot h, \quad (4.12)$$

де h та b – розміри січення, м.

За допомогою рисунку 4.3 було визначено розрахунковий тиск в 55кПа. Прийmemo висоту стінки $l=1,5$ м, товщиною $h=51$ см та шириною $b=15$ м. Надмірний тиск вибухової хвилі буде діяти як рівномірно розподілене

навантаження, тому згинаючий момент M (кН*м) та поперечна сила Q (кН) будуть визначатись за формулами [152, 153]:

$$M = \frac{q \cdot l^2}{2}, \quad (4.13)$$

$$Q = q \cdot l, \quad (4.14)$$

де q – рівномірно розподілене навантаження по лінії січення, кН/м.

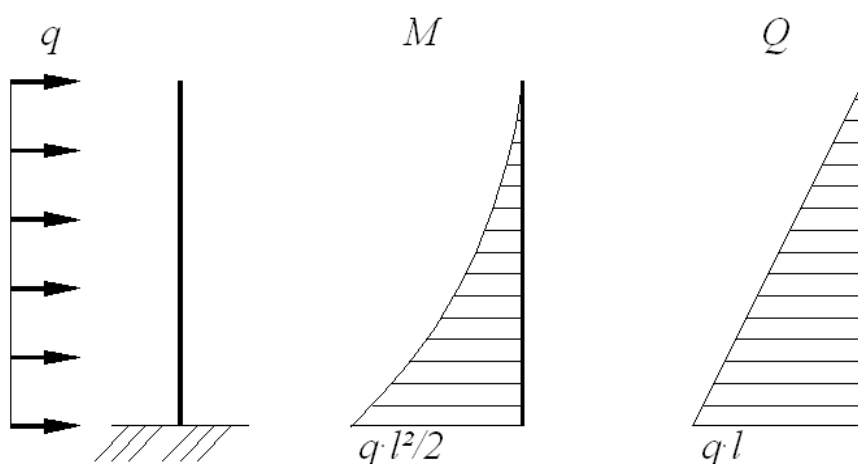


Рисунок 4.5 – Розрахункова схема згинаючого моменту M та поперечної сили Q , при дії рівномірно розподіленого навантаження q

При $q=55$ кН/м, що відповідає надмірному тиску в фронті вибухової хвилі 55кПа, згинаючий момент M та поперечна сила Q будуть рівні:

$$M = \frac{55 \cdot 1,5^2}{2} = 61,88 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$Q = 55 \cdot 1,5 = 82,5 \text{ кН}.$$

Для заданих умов за табл. 17 додатку II [152] розрахунковий опір кладки при згині по перев'язаному шву буде рівний $R_{tb} = 0,25 \cdot 1,25 = 0,31$ МПа. А за табл. 18 додатку II [152] розрахунковий опір кладки головним розтягуючим напруженням при згині буде рівний:

$R_{t\omega} = 0,4$ МПа. Момент опору січення кладки
 $W = b \cdot h^2 / 6 = 1500 \cdot 51^2 / 6 = 650250$ см³ та площа січення
 $A = 1500 \cdot 51 = 76500$ см².

Таким чином опір січення по згинаючому моменту перевіряється за формулою (4.10):

$$M_{\text{акт}} = 0,31 \cdot 650250 \cdot 100 = 20\,157\,750 \text{ Н} \cdot \text{см} = 201,58 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M = 61,88 \text{ кН} \cdot \text{м} < M_{\text{акт}} = 201,58 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Опір січення по поперечній силі перевіряється за формулою (4.11):

$$Q_{\text{акт}} = 0,4 \cdot 1500 \cdot 51 \cdot 100 \cdot 2/3 = 2\,040\,000 \text{ Н} = 2\,040 \text{ кН}$$

$$Q = 82,5 \text{ кН} \leq Q_{\text{акт}} = 2\,040 \text{ кН}$$

За формулами (4.10) та (4.11) міцність забезпечена.

Як видно з розрахунку міцність забезпечується з великим запасом, тому можна розглянути варіанти з меншою товщиною стінки або застосовувати інший матеріал для зменшення вартості при її побудові.

Для покращення естетичного впливу захисної споруди на ділянці дороги та забезпечення можливості візуального огляду АЗС чи АЗК, можна виготовляти захисні споруди з вибухобезпечного скла. Клас безпеки та параметри застосування вибухобезпечного скла необхідно брати згідно ДСТУ Б В.2.7 – 123:2004. Скло багат шарове будівельного призначення [154].

Запропоновані вище заходи щодо зниження негативного впливу на ділянку автомобільної дороги в разі виникнення аварійної ситуації на АЗС представленні в «Рекомендаціях щодо розміщення та конструкції захисних споруд на ділянках автомобільних доріг в зоні розташування автозаправних станцій» (Додаток Г).

4.2.3 Оцінка економічної доцільності використання захисних споруд на ділянках автомобільних доріг в зоні розташування автозаправних станцій

Вартість встановлення захисних споруд не буде значно збільшувати вартість будівництва чи реконструкції АЗС. Аналіз вартості необхідних матеріалів для спорудження захисних елементів показав, що найдорожчим матеріалом є вибухобезпечне скло і захисна споруда висотою 1,5 м та загальною довжиною 10 м буде коштувати власникам АЗС – 100 000 грн. Для порівняння, середня ціна однієї ПРК на 3-4 види палива коливається від 70 000 до 100 000 гривень.

Згідно «Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру» розраховано збитки для держави, якщо при аварії на АЗС постраждають люди. Загальний обсяг збитків від наслідків надзвичайних ситуацій (НС) розраховується як сума основних локальних збитків. Розрахунок збитків при надзвичайних ситуаціях проводиться за загальною формулою, складові якої визначені у розділі 1 Методики [155]:

$$З = Нр + Мр + Мп + Рс/г + Мтв + Рл/г + Рр/г + Ррек + Рпзф + Аф + Вф + Зф \quad (4.15)$$

Для кожного типу НС згідно з класифікатором НС встановлюється перелік основних характерних збитків щодо кожного рівня НС залежно від масштабів шкідливого впливу. Основні типи НС визначені постановою Кабінету Міністрів України від 15 липня 1998 р. N 1099 (1099-98-п) "Про порядок класифікації надзвичайних ситуацій". Для кожного типу та виду НС залежно від їх рівня визначаються основні види збитків. Ці види за типами та масштабами НС наведені у таблиці 1 Методики [155].

В даному випадку розглянуті лише можливі збитки від втрати життя та здоров'я населення. Розмір збитків від втрати життя та здоров'я населення визначається за такою формулою [155]:

$$H_p = S_{Втрр} + S_{Вдп} + S_{Ввтг}, \quad (4.16)$$

де $S_{Втрр}$ - втрати від вибуття трудових ресурсів з виробництва;

$S_{Вдп}$ - витрати на виплату допомоги на поховання;

$S_{Ввтг}$ - витрати на виплату пенсій у разі втрати годувальника;

а) втрати від вибуття трудових ресурсів з виробництва розраховуються на підставі даних, наведених у таблиці 2 Методики, за такою формулою:

$$S_{Втрр} = M_{л} \cdot N + M_{т} \cdot N + M_{і} \cdot N + M_{з} \cdot N, \quad (4.17)$$

де $M_{л}$ - втрати від легкого нещасного випадку;

$M_{т}$ - втрати від важкого нещасного випадку;

$M_{і}$ - втрати від отримання людиною інвалідності;

$M_{з}$ - втрати від загибелі людини;

N - кількість постраждалих від конкретного виду нещасного випадку.

б) витрати на виплату допомоги на поховання розраховуються за такою формулою:

$$S_{Вдп} = M_{дп} \cdot N_з, \quad (4.18)$$

де $M_{дп}$ - 4,1 тис. гривень/людину - допомога на поховання [156] (за даними органів соціального забезпечення з 1.03.2017 р.);

$N_з$ - кількість загиблих;

в) витрати на виплату пенсій у разі втрати годувальника розраховуються на кожну дитину за такою формулою:

$$S \text{ Ввтг} = 12 \cdot \text{Мвтг} \cdot (18 - \text{Вд}), \quad (4.19)$$

де 12 - кількість місяців у році;

Мвтг - розмір щомісячної пенсії на дитину до досягнення нею повноліття - 18 років (приймається за даними органів соціального забезпечення);

Вд - вік дитини.

Розглянуто випадок загибелі чоловіка 35 років з середньомісячним заробітком 10 000 грн., який був основним годувальником двох дітей 11 та 8 років. Втрати від вибуття трудових ресурсів з виробництва за формулою (4.17) згідно таблиці 2 Методики складуть:

$$S \text{ Втрр} = \text{Мз} \times 1 = 47\,000 \text{ грн.}$$

Проте збитки від загибелі працюючого не повинні бути менше ніж його п'ятирічний заробіток, тобто сума втрат від загибелі дорослої людини буде більшою [155]:

$$S \text{ Втрр} = 10\,000 \cdot 12 \cdot 5 = 600\,000 \text{ грн.}$$

Витрати на виплату допомоги на поховання складуть 4 100 грн. Виплати пенсій у разі втрати годувальника згідно законів прийнятих до 2018 року становитимуть 100 % прожиткового мінімуму на одну дитину та 120 % - на двох, до досягнення 18-річного віку, а прожитковий мінімум на дитину від 6 до 18 років станом на першу половину 2018 року складає 1860 грн. Виплата пенсій буде розрахована в два етапи, перший – по досягненню 18-річного віку старшої дитини, та другий - до повноліття молодшої дитини [157]:

1) $\text{Мвтг}_1 = 1860 \cdot 1,2 = 2232 \text{ грн}$ – на термін 7 років,

2) $\text{Мвтг}_2 = 1860 \text{ грн}$ – на термін 3 роки.

$$S \text{ Ввтг} = 12 \cdot 2\,232 \cdot 7 + 12 \cdot 1\,860 \cdot 3 = 254\,448 \text{ грн.}$$

Розмір збитків від втрати життя одного чоловіка за формулою (4.16) становитиме:

$$H_p = 47\,000 + 600\,000 + 254\,448 = 901\,448 \text{ грн.}$$

Отже, втрати держави у випадку загибелі однієї людини будуть в 9 разів перевищувати витрати власників АЗС на встановлення захисної стінки.

4.3 Висновки до розділу 4

2) Розроблено методику визначення параметрів ділянок автомобільних доріг та транспортних потоків в зоні розташування автозаправних станцій, яка дозволяє віднести такі ділянки до небезпечних.

3) Розроблені рекомендації щодо розміщення проїзної частини автомобільної дороги відносно автозаправних станцій, які встановлюють цю відстань в залежності від умов можливого розливу палива на території АЗС 45 – 90 м.

4) Запропоновано планування будівель автозаправних станцій та комплексів в залежності від розміщення технологічного обладнання.

5) Надано рекомендації щодо планувальних рішень захисних споруд на території автозаправних станцій та комплексів, на смугах відведення автомобільних доріг для зменшення впливу можливої вибухової хвилі в разі виникнення аварійних ситуацій.

6) Розроблено рекомендації щодо розміщення та конструкції захисних споруд на ділянках автомобільних доріг в зоні розташування автозаправних станцій.

7) Зроблено порівняння економічних витрат по встановленню захисних споруд з втратами держави у випадку загибелі людини.

8) В розділі висвітлені розрахунки з опублікованих статей [143 – 145].

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.

За результатами даної роботи були зроблені наступні висновки.

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 приймаються в 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 перехресть 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. 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 ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 3587–94. Безпека дорожнього руху. Терміни та визначення понять. К. : Держстандарт України, 1994. 27 с.
2. Рейцен Е. А, Толок А.В. О понятиях и терминах в области безопасности городского движения // Містобудування та територіальне планування : Науково-технічний збірник. К. : КНУБА, 2009. Вип. 34. С. 405-412.
3. Птица Г. Г. Определение уровня безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах общего пользования : дис. ... канд. техн. наук. Харьков, 2016. 244 с.
4. Про автомобільні дороги : Закон України № 2862-IV від 08.09.2005 р. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2862-15> (дата звернення 09.02.2018).
5. Сильянов В В., Домке Э. Р. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц : учебник для студ. высш. учеб. заведений. 2-е изд., стер. М. : Изд. центр «Академия», 2008. 352 с.
6. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения. М. : Транспорт, 1993. 271 с.
7. Білятинський О. А., Старовойда В. П., Хом'як Я. В. Проектування автомобільних доріг : Підручник. У 2 ч. К. : Вища школа, 1998. Ч. 2. 416 с.
8. Старовойда В. П. Ввідні та кільцеві автомагістралі. К. : Будівельник, 1980. 144 с.
9. Толок О. В. Містобудівні методи підвищення безпеки міського руху на вулично-дорожній мережі (на прикладі міст Донецької області) : дис. ... канд. техн. наук. К., 2009. 198 с.
10. Бронштейн Л. А., Шульман А. С. Экономика автомобильного транспорта: учебник для вузов. М. : Транспорт, 1976. 350 с.

11. Высоцкий М. С., Ванцевич В. В., Гилелес Л. Х. Мобильные транспортные машины: Взаимодействие со средой функционирования. НАН Беларуси, Науч. центр проблем механики машин. Минск : Бел. наука, 1998. 302 с.
12. Запорожцев А. Н., Кленников Е. В. Износ шин и работа автомобиля. М. : НИИНАвтопром, 1971. 52 с.
13. Кіяшко І. В., Смолянук Р. В., Новаковський Д. М., Пархоменко О. Ю., Мінаков О. С. Діагностика стану покриттів новітніми ходовими дорожніми лабораторіями: сучасний стан та перспективи розвитку // Автошляховик України. 2012. № 5. С. 31-36. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/au_2012_5_9 (дата звернення : 23.09.2016)
14. Кіяшко І. В. Обґрунтування критерію нормування поперечної рівності дорожніх покриттів // Дороги і мости. 2014. Вип. 14. С. 85-89. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/dim_2014_14_13 (дата звернення : 23.09.2016)
15. Кіяшко Д. І., Савенко В. Я., Кіяшко І. В. Обґрунтування нормативних показників для оцінки поздовжньої рівності дорожніх покриттів // Дороги і мости. 2014. Вип. 14. С. 90-95. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/dim_2014_14_14 (дата звернення : 23.09.2016)
16. Петрушов В. А., Шуклин С. А. Сопротивление качению автомобилей и автопоездов. М. : Машиностроение, 1975. 225 с
17. Ротенберг Р. В. Основы надежности системы родитель – автомобиль – дорога – среда. М. : Машиностроение, 1986. 216 с.
18. Надійність конструкцій дорожнього одягу : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом підготов. "Будівництво" / Дмитриченко М. Ф. [та ін.]. Нац. трансп. ун-т. К. : НТУ, 2012. 215 с. ISBN 978-966-632-168-1.
19. Павлюк Д. О. Основи і застосування теорії зчіпних якостей дорожніх покриттів: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Киев, 1996. 36 с.

20. Бабков В. Ф., Андреев О. В. Проектирование автомобильных дорог : В 2 ч. Москва : Транспорт, 1987. Ч. 2. 414 с.
21. Хавкин К. А., Дашевский Л. Н. Проектирование продольного профиля автомобильных дорог (методы и автоматизация) М. : Транспорт, 1966. 239 с.
22. Білятинський О. А., Старовойда В. П. Проектування капітального ремонту і реконструкції доріг : Підручник. К. : Вища освіта, 2003. 343 с. ISBN 966-8081-13-7.
23. Ройзман А. С. Пособие по проектированию автомобильных дорог. Изд. 4-е перераб. и доп. М. : Транспорт, 1974. 272 с.
24. Лобанов Е. М. Проектирование и изыскание пересечений автомобильных дорог. Москва: Транспорт, 1972. 232 с.
25. Орнатский Н. П. Проектирование благоустройства автомобильных дорог. М. : Высшая школа, 1974. 135 с.
26. Дзенис П. Я., Рейнфелд В. Р. Пространственное проектирование автомобильных дорог. М. : Транспорт, 1968. 112 с.
27. Ткаченко І. В. Принципи розміщення елементів благоустрою автомобільних доріг : дис. ... канд. техн. наук. Полтава, 2013. 266 с.
28. Бабков В.Ф. Ландшафтное проектирование автомобильных дорог: учебное пособие для автомобильно-дорожных вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Транспорт, 1980. 189 с.
29. Редченко В. П. Про обмеження швидкості руху на автодорожніх мостах та визначення фактичного динамічного коефіцієнта // Автомобільні дороги. Штучні споруди. Науково-виробничий журнал. К. травень – червень 2013 р. Вип. № 3 (233) С. 41–48.
30. Олійник Т. М., Ковальов П. М. Безпека дорожнього руху на ділянках доріг з мостовими переходами // Дороги і мости. Науково-технічний збірник. К. 2003 р. Вип. №1 С. 23-55
31. Фишельсон М. С. Городские пути сообщения. М. : Высшая школа, 1983. 207 с.

32. Лобанов Е. М., Визгалов В. М., Шевяков А. П., Гохман В. А., Завадский В. Б., Ситников Ю. М. Проектирование и изыскания пересечений автомобильных дорог. М. : Транспорт, 1972. 232 с.
33. Поліщук В. П., Дзюба О. П. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху. К. : Знання України, 2008. 175 с.
34. Чумаков Д. Ю. Проектирование элементов малых кольцевых пересечений в населенных пунктах. Дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2007. 187 с.
35. Пальчик А. М. Організація дорожнього руху : навч. посіб. К. : НТУ, 2011. 228 с. IBSN 978-966-632-150-6.
36. Неізнестна Н. В. Удосконалення проектування кільцевої розв'язки на одному рівні : автореф. дис. ... канд. техн. наук. К., 2012. 20 с.
37. Гюлев Н. У. Особливості ергономіки та психофізіології в діяльності водія : навч. посібник. Х. : ХНАМГ, 2012. 185 с.
38. Кизима С. С. Експлуатація автомобільних доріг : навч. посіб. К. : НТУ, 2009. 272 с.
39. Гайдукевич В. А., Потійчук О. Б. Основи транспортної психології : навч. посібник. Рівне : НУВГП, 2012. 207 с.
40. Васильев А. П. Состояние дорог и безопасность движения автомобилей в сложных погодных условиях. М. : Транспорт, 1976. 224 с.
41. Васильев А. П., Немчинов М. В. Безопасность движения в осенний и весенний периоды года. М. : Транспорт, 1976. 79 с.
42. Гамеляк І. П., Решетнік Г. О., Шевчук В. Р., Якименко Я. М. Про сезонне обмеження руху на автомобільних дорогах // Автошляховик України. 2007. Вип. № 2. С. 28–32.
43. Хом'як Я. В. , Чвак В. С. Проектування автомобільних доріг з урахуванням умов експлуатації // Автомобильные дороги и дорожное строительство. Республ. межведомств. сб. Вып. 24. Київ : Будівельник, 1979. с. 28–30.

44. Бируля А. К. Проектирование автомобильных дорог. М. : Авто-трансиздат. 1961. 495 с.
45. Абрамова Л. С., Ширин В. В., Птица Г. Г. Анализ методов определения показателей безопасности дорожного движения // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета : сб. науч. тр. 2015. Вып. 69. С. 118–123.
46. М 218-03450778-652:2008. Методика оцінки рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах України. К. : ДерждорНДІ, 2008. 31 с.
47. ГСТУ218-03449261-099-2002. Безпека дорожнього руху. Порядок проведення лінійного аналізу аварійності та оцінка умов безпеки руху на автомобільних дорогах. К. : Українське державне виробничо-технологічне підприємство "Укрдортехнологія", 2003. 33 с.
48. Лукьянов В. В. Безопасность дорожного движения. М. : Транспорт, 1983. 262 с.
49. Лукьянов В. В. Безопасность дорожного движения. М. : Транспорт, 1978. 247 с.
50. Хомяк Я. В. Организация дорожного движения. Киев : Вища шк., Главное изд-во. 1986. 271 с.
51. Rappoport H. A. Die Ausbildung plan geicher Knotenpunkteim Landstrassennetz // Strassenund Tiefbau. 1955. № 8. P. 499–510.
52. Лобанов Е. М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя. М. : Транспорт, 1980. 310 с.
53. Коноплянко В. И. Организация и безопасность дорожного движения. М. : Транспорт, 1991. 183 с.
54. Werner Schnabel, Dieter Lohse. Grundlagen Der Straßenverkehrstechnik Und Der Verkehrsplanung. Band 1, 2. Auflage, Verlagfür Bauwesen, Berlin, 1997. 326 p.
55. Шештокас В. В., Насутавичюс Р. А. Оценка опасности дороги методом конфликтных ситуаций // Автомобильные дороги. № 8, 1984. С. 4–10.

56. Шештокас В. В., Самойлов Д. С. Конфликтные ситуации и безопасность движения в городах. М. : Транспорт. 1987. 207 с.
57. Клебельсберг Д. Транспортная психология. М. : Транспорт, 1989. 367 с.
58. Лукин В. А. Комплексная оценка сравнительного влияния дорожных условий на аварийность отдельных участков автомобильных дорог: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 1995. 217 с.
59. Гаврилов Э. В., Михович С. М. и др. Оценка безопасности движения по методу тестирования // В кн. : Комплексное развитие автомобильного транспорта крупных городов. М. : Изд. СоюздорНИИ, 1986. С. 178–179.
60. Сиденко В. М., Рыбальченко А. А. Комплексный метод оценки безопасности дорожного движения // Автодорожник Украины, № 3. Киев : Техника, 1978. С. 42–43.
61. Поліщук В. П. Визначення рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах загального користування // Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти : матеріали VII міжн. наук.-практ. конф. (15-16 листопада 2012 р., м. Донецьк). Донецьк, 2012. С. 226–229.
62. Поліщук В. П., Лановий О. Т., Бондар Т. В. Визначення рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах загального користування. URL: archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/vntu/2008_17_2/18.pdf (дата звернення : 11.11.2016)
63. Дудніков О. М. Аналіз та підвищення безпеки дорожнього руху на основі енергетичних характеристик транспортного потоку : автореф. дис. ... канд. техн. наук. К. : НТУ, 2003. 23 с.
64. Амбарцумян В. В., Бабанин В. Н., Гуджоян О. П., Петридис А. В. Безопасность дорожного движения: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. В. Н. Луканина. М. : Машиностроение, 1998. 304 с.

65. Дивочкин О. А., Цыганов А. Р., Чванов В. В. Оценка безопасности на автомобильных дорогах. ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, Вып. №5. М., 1988. 60 с.
66. Кисляков В. М., Филиппов В. В., Школярченко И. А. Математическое моделирование и оценка условий движения автомобилей и пешеходов. М. : Транспорт, 1979. 200 с.
67. Забышный А. С. Теоретические основы метода коэффициентов аварийности // Автомобильные дороги. № 9. 1990. С. 14-15.
68. Забышный А. С. Теоретическая основа частных коэффициентов аварийности // Автомобильные дороги. № 5. 1994. С. 16-18.
69. Андреев О. В. Справочник инженера-дорожника. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. М. : Транспорт, 1977. 559 с.
70. ВСН 25–86.Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах. М. : Транспорт, 1988. 103 с.
71. Дивочкин О. А., Цыганов А. Р., Чванов В. В. Оценка безопасности движения на автомобильных дорогах // Обзорная информация ЦБНТИ. М., 1988. Вып. № 5. С. 59.
72. Чванов В. В., Живописцев И. Ф. Нормирование итогового коэффициента аварийности // «Дороги и мосты». Сборник ст. ФГУПРосдорНИИ. М., 2009. Вып. № 3. С. 12–16.
73. Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки : Постанова КМУ № 956 від 11.07.2002 р. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/956-2002-%D0%BF>
74. 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.
75. 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
76. 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.
 77. Анализ ДТП в 2013 г. в Украине и странах мира (причины, география, динамика) / Обозреватель – URL: <http://obozrevatel.com/infographic/91827-analiz-dtp-v-ukraine-i-stranah-mira-2013-prichinyi-geografiya-dinamika.htm> (Дата звернення 26.02.2017).
 78. Семь основных причин ДТП / ТСН – URL: <http://auto.tsn.ua/obzory/7-osnovnyh-prichin-dtp-418849.html> (Дата звернення 26.02.2017).
 79. Статистика ДТП за полгода: на украинских дорогах погибает восемь человек в сутки (инфографика) / Сегодня. URL: <http://www.segodnya.ua/criminal/statistika-dtp-za-polgoda-na-ukrainskih-dorogah-pogibaet-vosem-chelovek-v-sutki-infografika-635745.html> (Дата звернення 26.02.2017).
 80. Дорожно-транспортні пригоди (за звітний період) за період з 01.01.2015 по 30.06.2015 / Міністерство охорони здоров'я України. URL: <http://umcbdr.com.ua/dtp-za-6-misyaciv/> (Дата звернення 26.02.2017).
 81. Статистика ДТП у 2014 році: де та чому / Infolight - інформаційно-аналітичний центр. URL: <http://infolight.org.ua/content/statystyka-dtp-u-2014-roci-de-ta-chomu> (Дата звернення 26.02.2017).
 82. В Кременчуге Opel врезался в газовую установку АЗС и загорелся / dtp.strela.zp.ua URL: http://dtp.net/index.php?option=com_content&view=article&id=8394:--opel-----&catid=32:2010-06-24-10-08-35&Itemid=39 (Дата звернення 04.06.2014).

83. Аварія в Одесі на АЗС / ТСН. URL: <http://prosport-ru.tsn.ua/ukrayina/v-odesse-pyanyy-voditel-razmazal-po-stenke-sotrudnika-azs-302197.html> (Дата звернення 04.06.2014).
84. На Одесчине из-за страшной аварии едва не взорвалась АЗС / Сегодня. URL: <http://www.segodnya.ua/regions/odessa/Na-Odeschine-iz-za-strashnoy-avarii-edva-ne-vzorvalas-AZS-438381.html> (Дата звернення 04.06.2014).
85. На трассе Киев – Чоп грузовик въехал в АЗС / Подробности. URL: <http://podrobnosti.ua/podrobnosti/2013/01/24/883570.html> (Дата звернення 04.06.2014).
86. Авария на АЗС. Шесть человек погибло, семь – получили ранения / Редколлегия. URL: <http://www.redkollegia.com/?p=4862> (Дата звернення 04.06.2014).
87. В Броварах под Киевом горит автозаправка, очевидцы сообщают о взрыве / 112.ua. URL: <http://112.ua/avarii-chp/v-brovarah-pod-kievom-gorit-avtozapravka-ochevidcy-soobschayut-o-vzryve-171441.html> (Дата звернення 26.01.2015).
88. ЧП под Киевом: как 7 пожарных машин и 40 человек в Броварах тушили АЗС БРСМ / Автопортал – ДТП в Киеве. URL: <http://dtp.kiev.ua/index.php/2014-08-04-11-01-26/item/1267-chp-pod-kievom-kak-7-pozharnykh-mashin-i-40-chelovek-v-brovarakh-tushili-azs-brsm-foto-video>. (Дата звернення 26.01.2015).
89. В Ташкенте взорвалась АЗС / Обозреватель. URL: <http://obozrevatel.com/abroad/42318-v-tashkente-vzorvalas-azs.htm> (Дата звернення 04.02.2015).
90. Взрыв на АЗС в Махачкале / Невседома. URL: <http://nevsedoma.com.ua/index.php?newsid=201376> (Дата звернення 04.02.2015).

91. У Вінниці сталася серія вибухів на автозаправці / ТСН. URL: <http://tsn.ua/ukrayina/u-vinnici-stalasya-seriya-vibuhiv-na-avtozapravci-426550.html> (Дата звернення 02.06.2015).
92. Гурбанова А. Г., Локтионова Е. Г. Причины и последствия аварий на АЗС Студенческий научный форум : VI междунар. студ. электр. науч. конф., (15.02–31.03.2014 г.) URL: <https://www.scienceforum.ru/2014/516/2151> (Дата звернення 26.02.2017).
93. ДБН В.2.3–4:2015. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина І. Будівництво. Частина ІІ. Проектування К. : Мінрегіонбуд України, 2015. 91 с.
94. ДСТУ 3587–97. Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці і залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану. К. : Держстандарт України, 1997. 24 с.
95. ДСТУ Б В.2.3-9-2003. Споруди транспорту. Пристрої дорожні напрямні. Загальні технічні умови. К. : Державний комітет України з будівництва та архітектури, 2003. 61 с.
96. ДСТУ 2735–94. Огородження дорожні і напрямні пристрої. Правила використання. Вимоги безпеки дорожнього руху. К. : Держстандарт України, 1994. 7 с.
97. ДБН А.2.2-1-2003. Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. К. : Держбуд України, 2007. 22 с.
98. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки : наказ Міністерства праці та соціальної політики України від 04.12.2002 N 637.
99. ДБН В... Автозаправні станції. Основи проектування та будівництва. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 74 с.

100. Трескинский С. А., Кудрявцев Г. П. Эстетика автомобильных дорог. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Транспорт, 1978. 200 с.
101. Кіяшко І. В. Рівень забезпеченості та щільність розташування об'єктів дорожнього сервісу // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки» – Луцьк, 2014. Вип. 46. С. 240–245.
102. Експертний аналіз дорожньо-транспортних пригод / Галаса П. В., Кисельов В. Б., Куйбіда А. С. та ін. К. : Експерт-сервіс, 1995. – 192 с.
103. Greenshields B. D. The photographic method of studying traffic behavior // Highway Res. Board Proc. 1933. Vol. 13.
104. Greenshields B.D. A study of traffic capacity// Highway Res. Board Proc. 1934. Vol. 14.
105. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. М. : Транспорт, 1972. 424 с.
106. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков. М. : Мир, 1966. 286 с.
107. Филиппов В. В. Исследование характеристик неравномерных транспортных потоков для решения некоторых задач проектирования дорог : автореф. дис... канд. техн. наук. Харьков, 1967. 23 с.
108. Кисляков В. М., Филиппов В. В., Школяренко И. А. Математическое моделирование и оценка условий движения автомобилей и пешеходов. М. : Транспорт, 1979. 200 с.
109. Сильянов В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. : Транспорт, 1977, 303 с.
110. Гнеденко Б. В., Хинчин А. Я. Элементарное введение в теорию вероятностей. Главная редакция физ.-мат. литературы изд-ва «Наука», 1976. 168 с.
111. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. М. : ФИЗМАТЛИТ. 2006. 816 с. ISBN 5-9221-0707-0.

112. Волгушев А. Н., Сафонов А. С., Ушаков А. И. Автозаправочные станции: Оборудование. Эксплуатация. СПб. : ДНК, 2001. 176 с.
113. Автозаправочные станции: Практическое пособие. 1-е изд. М. : Издательство «Учет», 2003. 464 с.
114. Бондарь В. А., Зоря Е. И., Цагарели Д. В. Операции с нефтепродуктами. Автозаправочные станции. М. : ООО «Паритет Граф», 2000. 338 с.
115. Михайлюк О. П., Кравців С. Я. Проблеми забезпечення пожежо-вибухобезпеки автозаправних станцій. URL: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol36/mihajluk.pdf> (Дата звернення 25.03.2015).
116. Про об'єкти підвищеної небезпеки : Закон України № 2245-III від 18.01.2001 р. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2245-14> (Дата звернення 20.10.2015).
117. Порядок ідентифікації та обліку об'єктів підвищеної небезпеки : Постанова Кабінету Міністрів України № 956 від 11.07.2002 р.
118. Тютюнник Я. С. Аналіз небезпек пов'язаних з роботою автозаправних станцій // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. К. : НТУ, 2012. Вип. 85. С. 217–222.
119. Взрывные явления. Оценка последствия: В2-х кн. Кн. 1 Пер. с англ. / Бейкер У. И др.; под ред. Я. Б. Зельдовича, Б. Є. Гельфанда. М. : Мир, 1986. 319 с.
120. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. К., 2007. 25 с.
121. Оценка индивидуального и социального риска аварий с пожарами и взрывами для наружных технологических установок / Ю. Н. Шебенко, А. П. Шевчук, В. А. Колосов, І. М. Смолин, Д. Р. Брилев (ВНИИПО), Пожаровзрывобезопасность. 1995. № 1.

122. 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.
123. Квітковський Ю. В. Поняття про вибух. Вплив вибуху на будівлі та споруди. Вибухозахист. Методична розробка для проведення семінарського заняття. URL: <http://dspace.univer.kharkov.ua/bitstream/123456789/7629/2/%D0%9C%D0%95%D0%A2%D0%9E%D0%94%D0%98%D0%A7%D0%9A%D0%90%20%20%D0%A6%D0%97.pdf> (Дата звернення 06.11.2014).
124. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки : наказ Міністерства праці та соціальної політики України від 04.12.2002 N 637.
125. Davenport J. A. survey of vapour cloud incidents, Chemical Engineering Progress, p. 54 – 63, Sept. 1977.
126. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т.1. Техногенна та природна небезпека / За загальною редакцією В. В. Могилянченка. – К. : КІМ, 2007. – 636 с.
127. Борисов А. А., Гельфанд Б. Є., Цыганов С. А. О моделировании волн давления, образующиеся при детонации горении газовых смесей // Физика горения и взрыва. М. : 1985. №2. С. 90-97.
128. Защита атмосферы от промышленных загрязнений. Справочник в 2-х частях. М. : Металлургия, 1988 г. Ч.1. 760 с., Ч.2. 712 с.
129. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. изд.: В 2-х кн. / А. Н. Баратов, А. Я. Корольченко, Г. Н. Кравчук и др. М. : Химия, 1990. Кн.1. 496с., Кн.2. 384с.
130. Демиденко Г. П. и др. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения. Справочник. К. : Вища школа, 1989. 289 с.

131. Стеблюк М. І. Цивільна оборона та цивільний захист : Підручник. 2-ге вид., переробл. К. : Знання, 2010. 487 с.
132. Бандурка О. М., Шаша І. К., Власенко І. В., Бортнічук П. М. Охорона праці в діяльності ОВС України : Підручник. Харків: Вид-во Націон.ун-ту внутр. справ, 2003. 288с.
133. Гмурман В. Е. Теория вероятности и математическая статистика : учеб. пособие для студентов вузов. М. : Высшая школа, 2008. 479 с.
134. Медведєв. М. Г., Пащенко І. О. Теорія ймовірностей та математична статистика : підручник. К. : Ліра-К, 2008. 536 с.
135. РТМ 44-62. – М. Методика статистической обработки эмпирических данных. М. : изд-во комитета стандартов, мер и измерительных приборов при совете министров СССР, 1966. 100 с
136. Moore J. H. Weatherford L. R. Decision modeling with Microsoft Excel. New Jersey : Prentice Hall, 2001. 1024 p.
137. Пальчик А. М. Транспортні потоки. К. : НТУ, 2010. 171 с.
138. Смирнова Н. В. Зависимость минимальной безопасной дистанции от скорости и дорожных условий. // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2014. - Вып. № 2. С. 65-77.
139. 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.
140. Тютюнник Я. С. Аналіз розміщення АЗС на автомобільних дорогах I категорії // Вісник Національного транспортного університету. К. : НТУ, 2013. Вип. 28. С. 472–476.
141. ПОР-218-141-2000. Порядок обліку транспортних засобів на автомобільних дорогах загального користування. К. : Укравтодор, 2000. 25 с

142. М 03450778-700:2012. Методика проведення аудиторських перевірок з безпеки дорожнього руху на стадії експлуатації автомобільних доріг загального користування. К. : Укравтодор, 2012. 63 с.
143. Тютюнник Я. С. Встановлення ділянки автомобільної дороги, що потрапляє в зону надлишкового тиску вибухової хвилі в разі аварії на АЗС // Автошляховик України. К. : ДП «Державто-трансНДІпроект», ДА Укравтодор, 2015. № 1-2 (243-244) С. 54–56.
144. 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)
145. 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.
146. НАПБ Б.05.019-2005. Інструкція щодо вимог пожежної безпеки під час проектування автозаправних станцій. URL: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/z0291-06/page> (дата звернення : 10.02.2016)
147. ДСТУ-Н Б EN 1996-1:2010 Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій. Загальні правила, сейсмічні дії, правила щодо споруд (EN 1998-1:2004, IDT). К. : Мінрегіонбуд України, 2011.
148. ДБН В.1.1 – 12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України. К. : Мінрегіонбуд України, 2014. 110 с.
149. ДБН В.1.2-2:2006 СНББ. Навантаження і впливи. Норми проектування. К. : Мінрегіонбуд України, 2006. 63 с.
150. ДБН В.1.2-6-2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість. К. : Мінрегіонбуд України, 2008. 15 с.

151. ДБН В.1.2-7-2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. К. : Мінрегіонбуд України, 2008. 30 с.
152. Вахненко П. Ф. Каменные и армокаменные конструкции. К. : Будівельник, 1990. 184с.
153. Огородніков В. А. Грушко О. В., Побережний М. І. Опір матеріалів. Розрахунково-графічні завдання з прикладами розрахунків. Ч.1. Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2003. 158 с.
154. ДСТУ Б В.2.7-123:2004 Скло багатошарове будівельного призначення. К. : Державний комітет України з будівництва та архітектури, 2004. 32 с.
155. Про затвердження Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру : Постанова КМУ № 175 від 15.02.2002 р. URL : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/175-2002-%D0%BF> (дата звернення : 10.01.2018)
156. Про встановлення розміру допомоги на поховання : Постанова Фонду соціального страхування України № 17 від 08.02.2017 р. URL : <http://www.fssu.gov.ua/fse/doccatalog/document?id=948191> (дата звернення : 10.01.2018)
157. Про державну соціальну допомогу особам, які не мають права на пенсію, та особам з інвалідністю : Закон України № 1727- IV від 18.05.2004 р. URL : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1727-15> (Дата звернення 10.01.2018).

ДОДАТОК А

РОЗТАШУВАННЯ АВТОЗАПРАВНИХ СТАНЦІЙ ВЗДОВЖ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ І-ОЇ КАТЕГОРІЇ

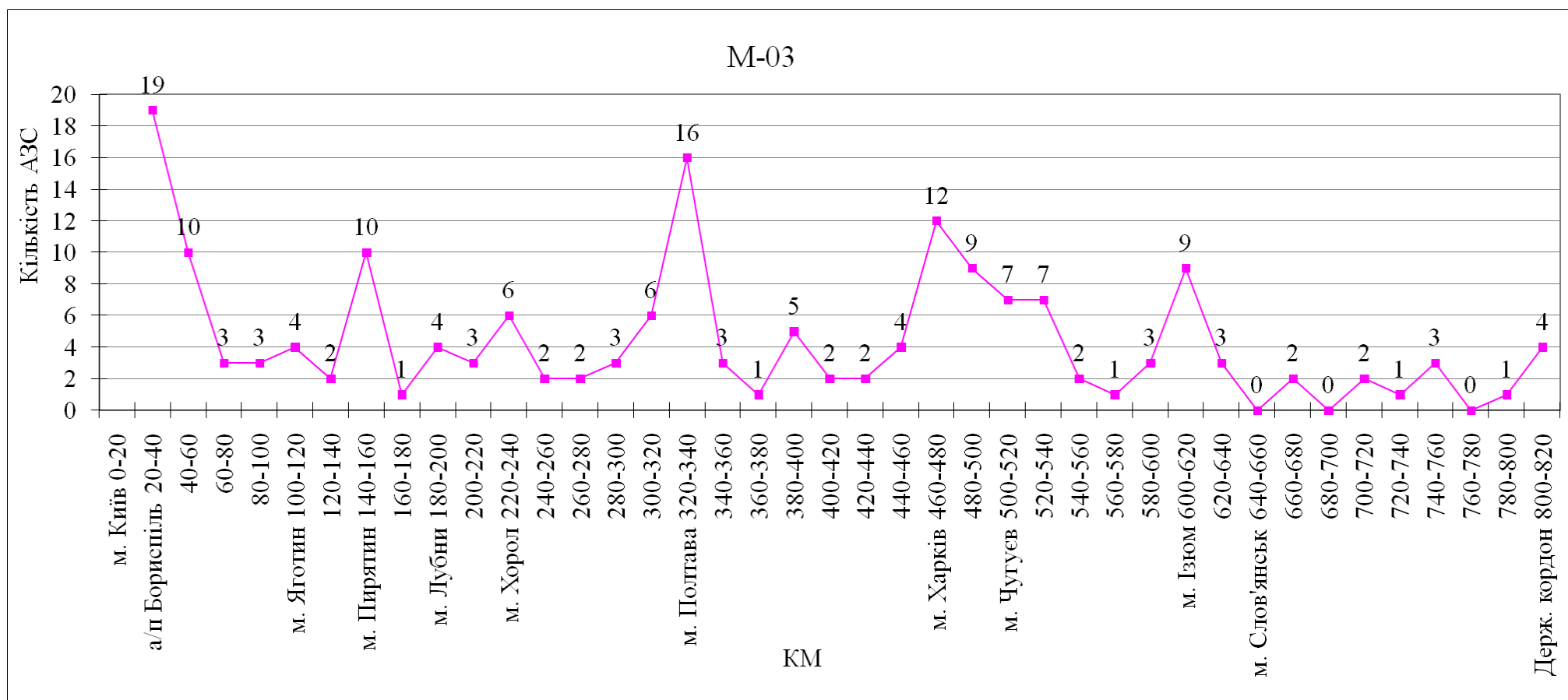


Рисунок А.1 – Розташування АЗС вздовж автомобільної дороги І-ої категорії Київ – Харків – Довжанський М-03.

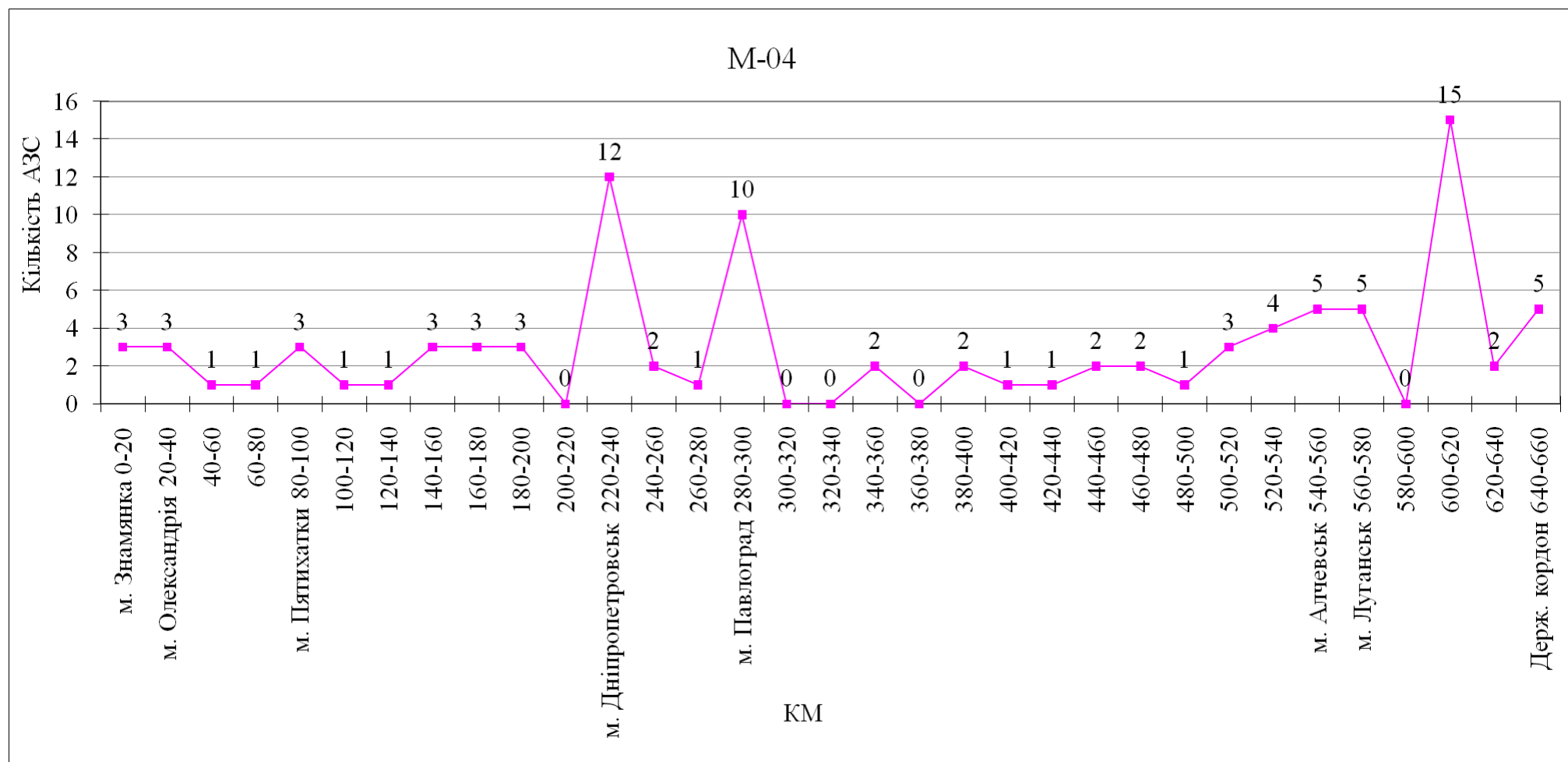


Рисунок А.2 – Розташування АЗС вздовж автомобільної дороги І-ої категорії Знам'янка – Луганськ – Ізварине М-04.

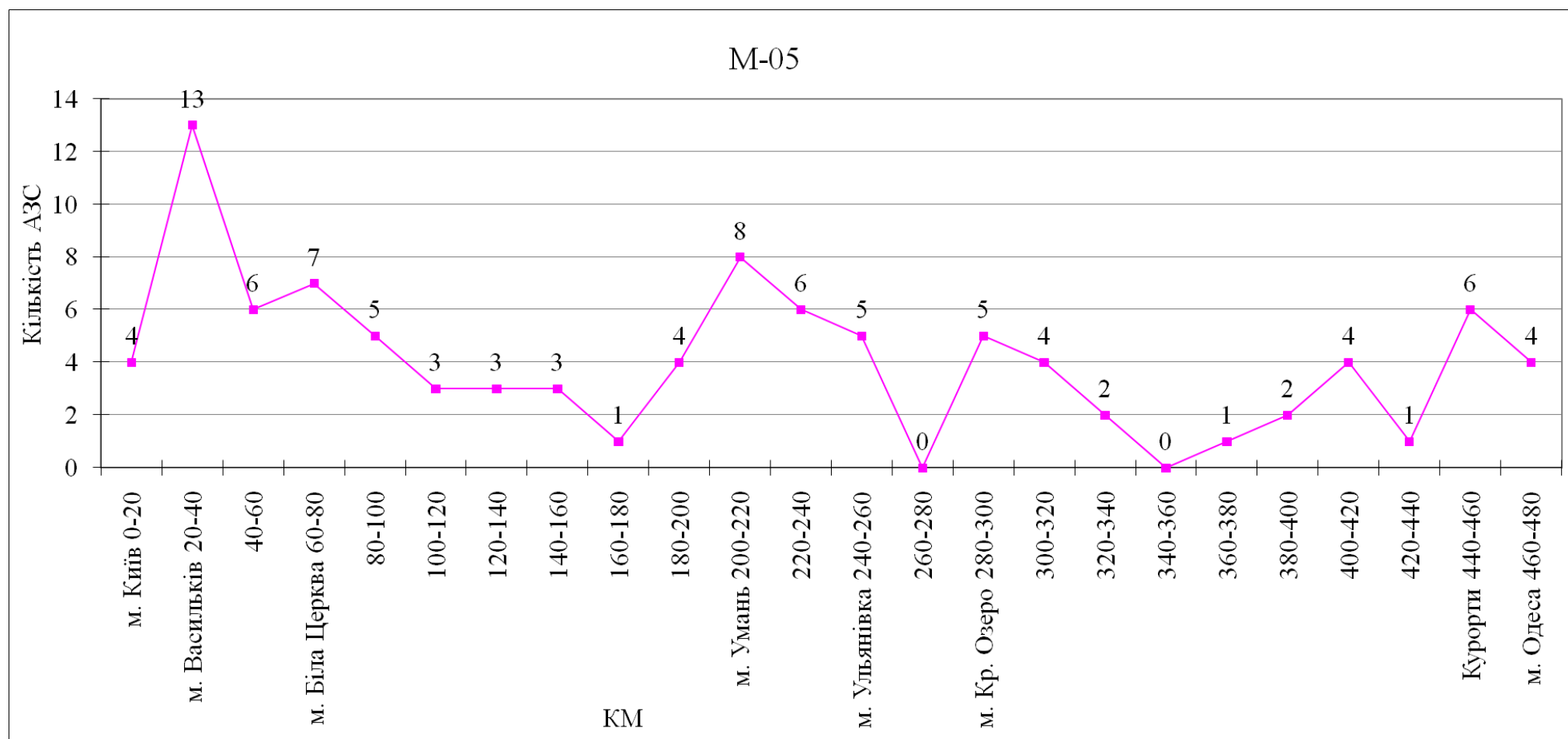


Рисунок А.3 – Розташування АЗС вздовж автомобільної дороги І-ої категорії Київ - Одеса М-05.

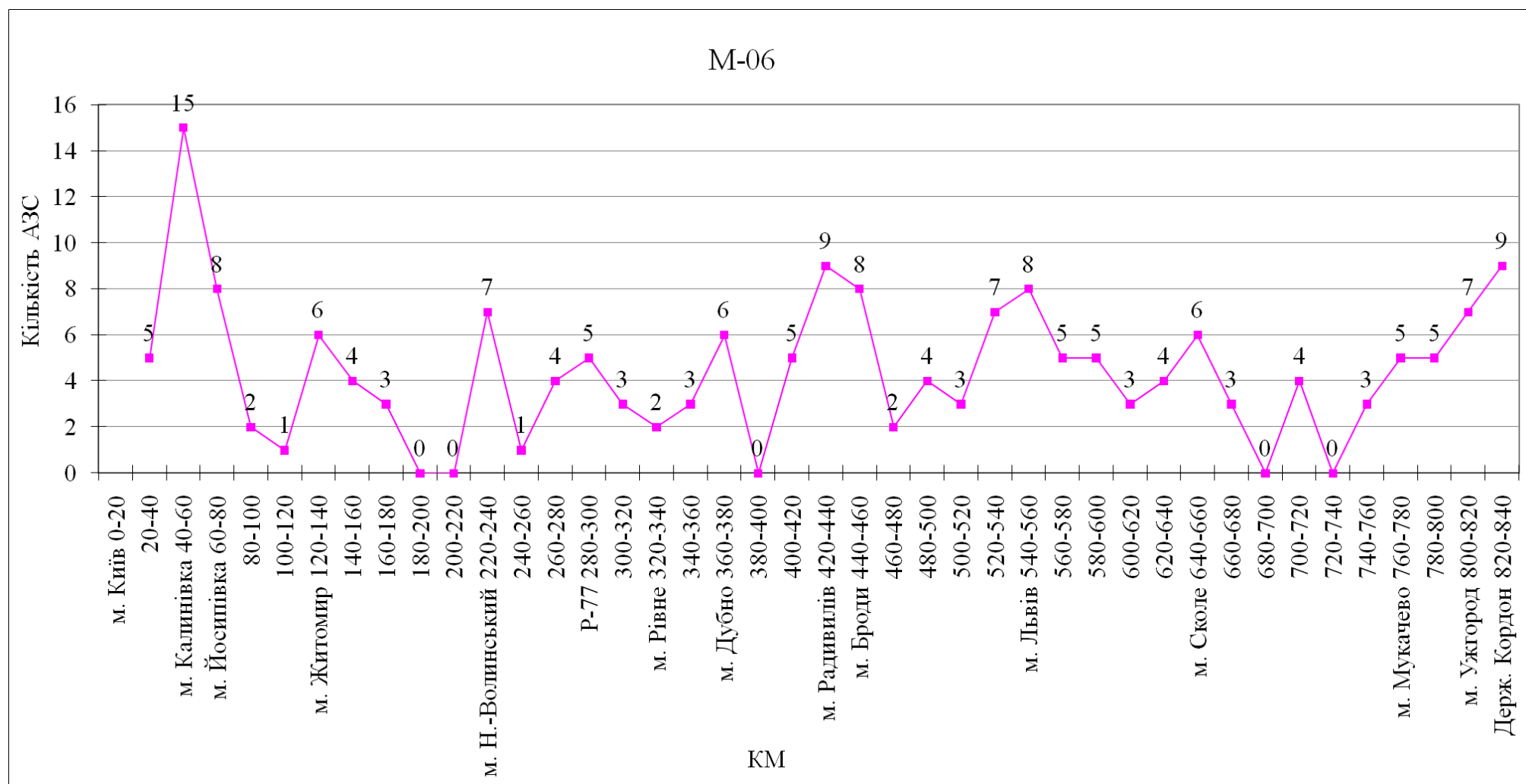


Рисунок А.4 – Розташування АЗС вздовж автомобільної дороги І-ої категорії Київ - Чоп М-06.

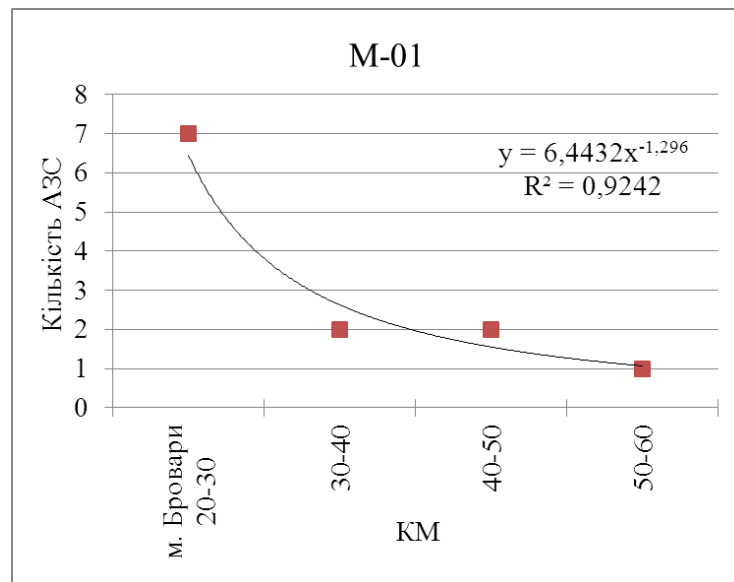


Рисунок А.5 – Розташування АЗС вздовж автомобільної дороги М-01 від км 20 до км 60

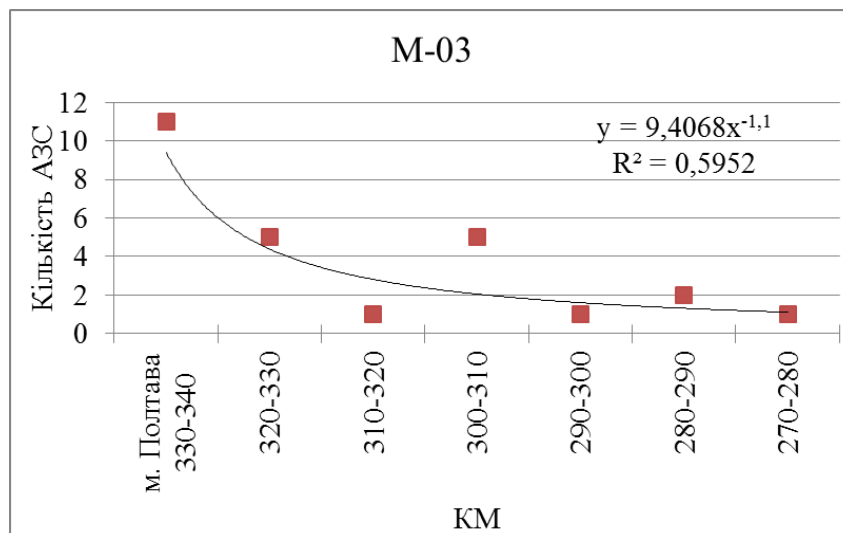


Рисунок А.6 – Розташування АЗС вздовж автомобільної дороги М-03 від км 270 до км 340

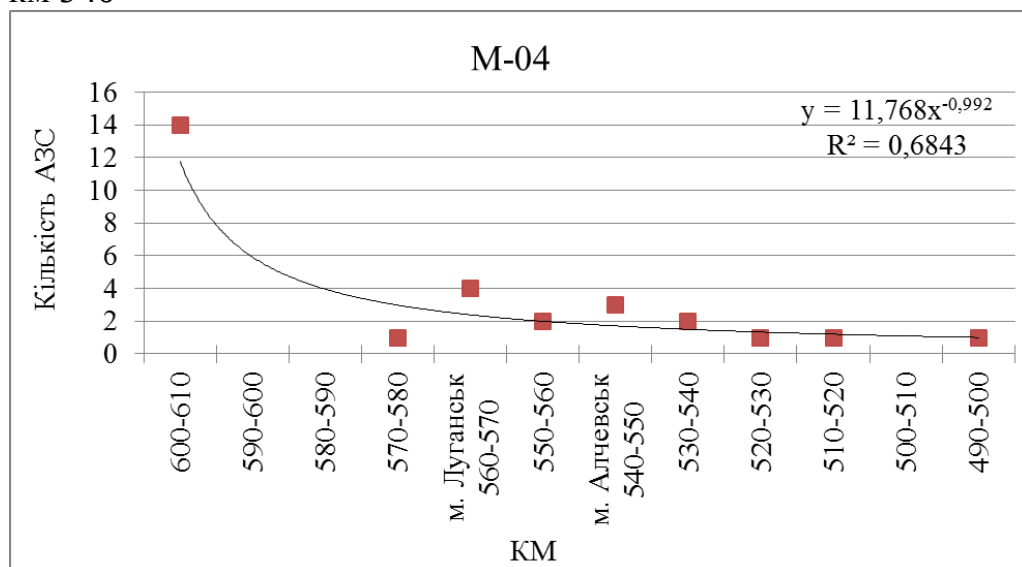


Рисунок А.7 – Розташування АЗС вздовж автомобільної дороги М-04 від км 490 до км 610

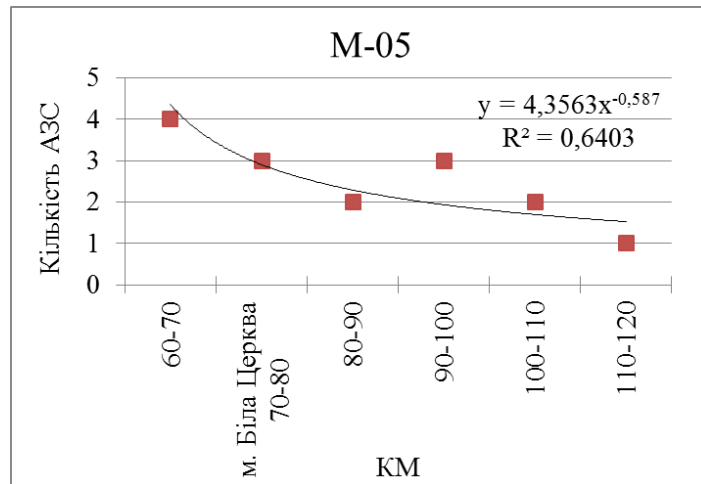


Рисунок А.8 – Розташування АЗС вздовж автомобільної дороги М-05 від км 60 до км 120

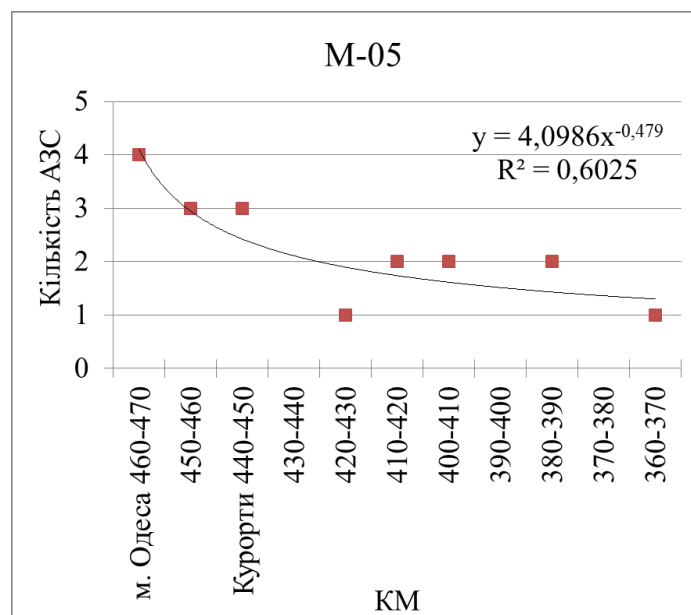


Рисунок А.9 – Розташування АЗС вздовж автомобільної дороги М-05 від км 360 до км 370

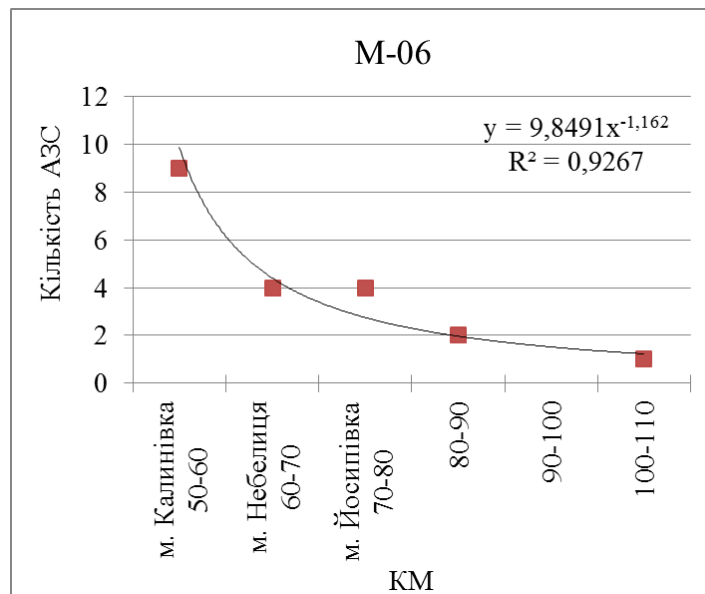


Рисунок А.10 – Розташування АЗС вздовж автомобільної дороги М-06 від км 50 до км 110

ДОДАТОК Б

**РЕЗУЛЬТАТИ НАТУРНИХ ОБСТЕЖЕНЬ МІСЦЬ РОЗТАШУВАННЯ
АВТОЗАПРАВНИХ СТАНЦІЙ ТА ВСТАНОВЛЕННЯ
ІНТЕНСИВНОСТІ РУХУ В ЦИХ МІСЦЯХ**

1) Ділянка автомобільної дороги М-03 від км 20 до км 30 в напрямку Київ – Харків. Початок замірів о 9-45. Кількість смуг руху – 3 в кожному напрямку з розділювальною смугою та бар’єрним огородженням на ній та по краях проїзної частини. Максимальна швидкість на крайній лівій смузі складає 130 км/год.

Таблиця Б.1 – Інтенсивність руху автомобілів на ділянці дороги М-03 від км 20 до км 30 в напрямку Київ - Харків

Склад потоку	Інтенсивність руху	
	авто/год	%
Інтенсивність руху на ділянці дороги М-03 від км 20 до км 30		
Легкові	1914,00	81,79
Автобуси	78,00	3,33
Вантажні	264,00	11,28
Автопотяги	84,00	3,59
Сума	2340,00	100,00
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «АНР», що розташована на км 23		
Легкові	48,00	2,05
Вантажні	6,00	0,26
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «Лукойл», що розташована на км 24		
Легкові	12,00	0,51
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «SOCAR», що розташована на км 27		
Легкові	54,00	2,31

2) Ділянка автомобільної дороги М-03 від км 30 до км 40 в напрямку Київ – Харків. Початок замірів о 10-30. Кількість смуг руху – 3 в кожному напрямку з розділювальною смугою та бар’єрним огородженням на ній та по краях проїзної частини. Максимальна швидкість на крайній лівій смузі складає 130 км/год.

Таблиця Б.2 – Інтенсивність руху автомобілів на км 32 автомобільної дороги М-03 в напрямку Київ - Харків

Склад потоку	Інтенсивність руху	
	авто/год	%
Інтенсивність руху на км 32 автомобільної дороги М-03		
Легкові	1440,00	90,57
Автобуси	84,00	5,28
Вантажні	66,00	4,15
Автопотяги	0,00	0,00
Сума	1590,00	100,00
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «SHELL», що розташована на км 32		
Легкові	54,00	3,40
Інтенсивність руху на км 34 автомобільної дороги М-03		
Легкові	1164,00	88,18
Автобуси	84,00	6,36
Вантажні	60,00	4,55
Автопотяги	12,00	0,91
Сума	1320,00	100,00
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «WOG», що розташована на км 34		
Легкові	30,00	2,27
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «WOG», що розташована на км 35		
Легкові	6,00	0,45
Автобуси	6,00	0,45
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «КЛЮ», що розташована на км 35		
Легкові	18,00	1,36

3) Ділянка автомобільної дороги М-03 від км 40 до км 44 проходить через місто Бориспіль та заміри інтенсивності руху проводились в обох напрямках сумарно. Початок замірів об 11-30. Кількість смуг руху – 2 в кожному напрямку.

Таблиця Б.3 – Інтенсивність руху автомобілів на км 40 автомобільної дороги М-03 сумарно

Склад потоку	Інтенсивність руху	
	авто/год	%
Інтенсивність руху на км 40 автомобільної дороги М-03		
Легкові	588,00	95,15
Автобуси	12,00	1,94
Вантажні	18,00	2,91
Автопотяги	0,00	0,00
Сума	618,00	100,00
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «WOG», що розташована на км 40 зліва		
Легкові	18,00	1,36
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «УКРНАФТА», що розташована на км 41 справа		
Легкові	12,00	1,94
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «БРСМ», що розташована на км 41 зліва		
Легкові	48,00	7,77

4) Ділянка автомобільної дороги М-03 від км 44 виходить з міста Бориспіль. Заміри інтенсивності руху проводились в обох напрямках сумарно в зв'язку відсутності розділювальної смуги та бар'єрного огороження. Початок замірів об 12-15. Кількість смуг руху – 2 в кожному напрямку.

Таблиця Б.4 – Інтенсивність руху автомобілів на км 44 автомобільної дороги М-03 сумарно

Склад потоку	Інтенсивність руху	
	авто/год	%
1	2	3
Інтенсивність руху на км 44 автомобільної дороги М-03		
Легкові	720,00	77,92
Автобуси	24,00	2,60
Вантажні	96,00	10,39
Автопотяги	84,00	9,09
Сума	924,00	100,00
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «ОККО», що розташована на км 44зліва		
Легкові	36,00	3,90
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на «ОККО», що розташована на км 44справа		
Легкові	24,00	2,60
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «ТНК», яка розташована на км 48 зліва		
Легкові	24,00	2,60
Вантажні	12,00	1,30
Автопотяги	6,00	0,65
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «ТНК», яка розташована на км 48 справа		
Легкові	12,00	1,30
Вантажні	6,00	0,65
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «UPG», що розташована на км 57 справа		
Легкові	12,00	1,30
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «ТНК», що розташована на км 58 зліва		
Легкові	6,00	0,65
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «БРСМ», що розташована на км 74 зліва		
Легкові	36,00	3,90
Вантажні	6,00	0,65
Автопотяги	6,00	0,65

Кінець табл. Б. 4

1	2	3
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «SHELL», що розташована на км 76 справа		
Легкові	12,00	1,30
Автопотяги	6,00	0,65
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «SHELL», що розташована на км 76 зліва		
Легкові	6,00	0,65
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «КЛЮ», що розташована на км 89 справа		
Легкові	18,00	1,95
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «UPG», що розташована на км 89 зліва		
Легкові	12,00	1,30

5) Ділянка автомобільної дороги М-03 від км 100 до км 155. Заміри інтенсивності руху проводились в обох напрямках сумарно в зв'язку відсутності розділювальної смуги та бар'єрного огороження. Початок замірів о 14-50. Кількість смуг руху – 2 в кожному напрямку.

Таблиця Б.5 – Інтенсивність руху автомобілів на км 101 автомобільної дороги М-03 сумарно

Склад потоку	Інтенсивність руху	
	авто/год	%
1	2	3
Інтенсивність руху на км 101 автомобільної дороги М-03		
Легкові	402,00	62,62
Автобуси	24,00	3,74
Вантажні	78,00	12,15
Автопотяги	138,00	21,50
Сума	642,00	100,00

Кінець табл. Б.5

1	2	3
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «КЛО», що розташована на км 101 справа		
Легкові	12,00	1,87
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «КЛО», що розташована на км 125 зліва		
Легкові	30,00	4,67
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «WOG», що розташована на км 126 справа		
Легкові	18,00	2,80
Автопотяги	6,00	0,93
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «Авіас плюс», що розташована на км 153 зліва		
Легкові	24,00	3,74
Вантажні	6,00	0,93
Автопотяги	6,00	0,93

б) Ділянка автомобільної дороги М-03 на км 155 входить в місто Пирятин та перетинається з дорогою Р-67. Заміри інтенсивності руху проводились в обох напрямках сумарно в зв'язку з відсутністю розділювальної смуги та бар'єрного огороження. Початок замірів о 16-25. Кількість смуг руху – 2 в кожному напрямку.

Таблиця Б.6 – Інтенсивність руху автомобілів на км 155 автомобільної дороги М-03 сумарно

Склад потоку	Інтенсивність руху	
	авто/год	%
1	2	3
Інтенсивність руху на км 155 автомобільної дороги М-03		
Легкові	421	62,62
Автобуси	25	3,74
Вантажні	82	12,15
Автопотяги	144	21,50
Сума	672,00	100,00

Кінець табл. Б.6

1	2	3
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «АНР», що розташована на км 155 справа		
Легкові	12,00	1,79
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «ОККО», що розташована на км 155 зліва		
Легкові	6,00	0,89
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «Лукойл», що розташована на км 155 справа		
Легкові	24,00	3,57
Автопотяги	6,00	0,89
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «Укрнафта», що розташована на км 155 зліва		
Легкові	18,00	2,68

7) Автомобільна дорога Н-07 км 90 в селі Новий Биків, на пересіченні з дорогою місцевого значення Т-25-22. Заміри інтенсивності руху проводились в обох напрямках сумарно з автомобілями, що рухались по обом дорогам, так як заправку здійснювали всі автомобілі, що проходили через даний вузол. Початок замірів о 9-00. Кількість смуг руху по одній в кожному напрямку.

Таблиця Б.7 – Інтенсивність руху автомобілів на км 90 автомобільної дороги Н-07 сумарно

Склад потоку	Інтенсивність руху	
	авто/год	%
Інтенсивність руху на км 90 автомобільної дороги Н-07		
Легкові	204,00	77,27
Автобуси	6,00	2,27
Вантажні	42,00	15,91
Автопотяги	12,00	4,55
Сума	264,00	100,00
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «Укрнафта», що розташована на км 90 справа		
Легкові	12,00	4,55

8) Наступні АЗС на дорозі Н-07 знаходяться на км 58 та км 56 в селі Перемога. Заміри інтенсивності руху проводились в обох напрямках сумарно. Початок замірів о 9-40. Кількість смуг руху по одній в кожному напрямку.

Таблиця Б.8 – Інтенсивність руху автомобілів на км 58 автомобільної дороги Н-07 сумарно

Склад потоку	Інтенсивність руху	
	авто/год	%
Інтенсивність руху на км 58 автомобільної дороги Н-07		
Легкові	192,00	82,05
Автобуси	12,00	5,13
Вантажні	30,00	12,82
Автопотяги	0,00	0,00
Сума	234,00	100,00
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «АС», що розташована на км 58 справа		
Легкові	6,00	2,56
Інтенсивність руху автомобілів на км 56 автомобільної дороги Н-07		
Легкові	168,00	90,32
Автобуси	12,00	6,45
Вантажні	0,00	0,00
Автопотяги	6,00	3,23
Сума	186,00	100,00
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «Авіас плюс», що розташована на км 56 справа		
Легкові	12,00	6,45

9) Ще дві АЗС на дорозі Н-07 розташовані на км 35 в селі Красилівка. Заміри інтенсивності руху проводились в обох напрямках сумарно. Початок замірів о 10-20. Кількість смуг руху по одній в кожному напрямку.

Таблиця Б.9 – Інтенсивність руху автомобілів на км 35 автомобільної дороги Н-07 сумарно

Склад потоку	Інтенсивність руху	
	авто/год	%
Інтенсивність руху автомобілів на км 35 автомобільної дороги Н-07		
Легкові	366,00	91,04
Автобуси	6,00	1,49
Вантажні	30,00	7,46
Автопотяги	0,00	0,00
Сума	402,00	100,00
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «Укрнафта», що розташована на км 35 справа		
Легкові	42,00	10,45
Інтенсивність руху автомобілів на км 35 автомобільної дороги Н-07		
Легкові	474,00	78,22
Автобуси	36,00	5,94
Вантажні	96,00	15,84
Автопотяги	0,00	0,00
Сума	606,00	100,00
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «Укрнафта», що розташована на км 35 зліва		
Легкові	12,00	1,98

10) На ділянці км 20 – км 30 Н-07 співпадає з автомобільною дорогою 1-ої категорії М-01 Київ – Чернігів – Нові Яриловичі від км 20 до км 30 (об'їзд міста Бровари). Заміри інтенсивності руху проводились в кожному напрямку окремо. Початок замірів о 10-50. Кількість смуг руху по дві в кожному напрямку.

Таблиця Б.10 – Інтенсивність руху автомобілів на км 28 автомобільної дороги М-01 в напрямку Чернігів - Київ

Склад потоку	Інтенсивність руху	
	авто/год	%
Інтенсивність руху на км 28 автомобільної дороги М-01		
Легкові	618,00	75,18
Автобуси	6,00	0,73
Вантажні	108,00	13,14
Автопотяги	90,00	10,95
Сума	822,00	100,00
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «КЛЮ», що розташована на км 28 зліва		
Легкові	54,00	6,57
Вантажні	12,00	1,46
Автопотяги	6,00	0,73
Інтенсивність руху на км 28 автомобільної дороги М-01		
Легкові	654,00	73,15
Автобуси	24,00	2,68
Вантажні	108,00	12,08
Автопотяги	108,00	12,08
Сума	894,00	100,00
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «Укрнафта», що розташована на км 28 справа		
Легкові	54,00	6,04
Вантажні	12,00	1,34
Автопотяги	6,00	0,67
Інтенсивність руху на км 23 автомобільної дороги М-01		
Легкові	684,00	77,55
Автобуси	36,00	4,08
Вантажні	102,00	11,56
Автопотяги	60,00	6,80
Сума	882,00	100,00
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «БРСМ», що розташована на км 23 зліва		
Легкові	54,00	6,12
Вантажні	12,00	1,36
Кількість автомобілів, що здійснюють заправку на АЗС «ОККО», що розташована на км 21 зліва		
Легкові	48,00	5,44
Вантажні	6,00	0,68

ДОДАТОК В

**ВСТАНОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ МІЖ
КІЛЬКІСТЮ АВТОМОБІЛІВ ТА ІНТЕРВАЛАМИ РУХУ МІЖ НИМИ,
В РІЗНИХ УМОВАХ ТА ІНТЕНСИВНІСТІЮ РУХУ**

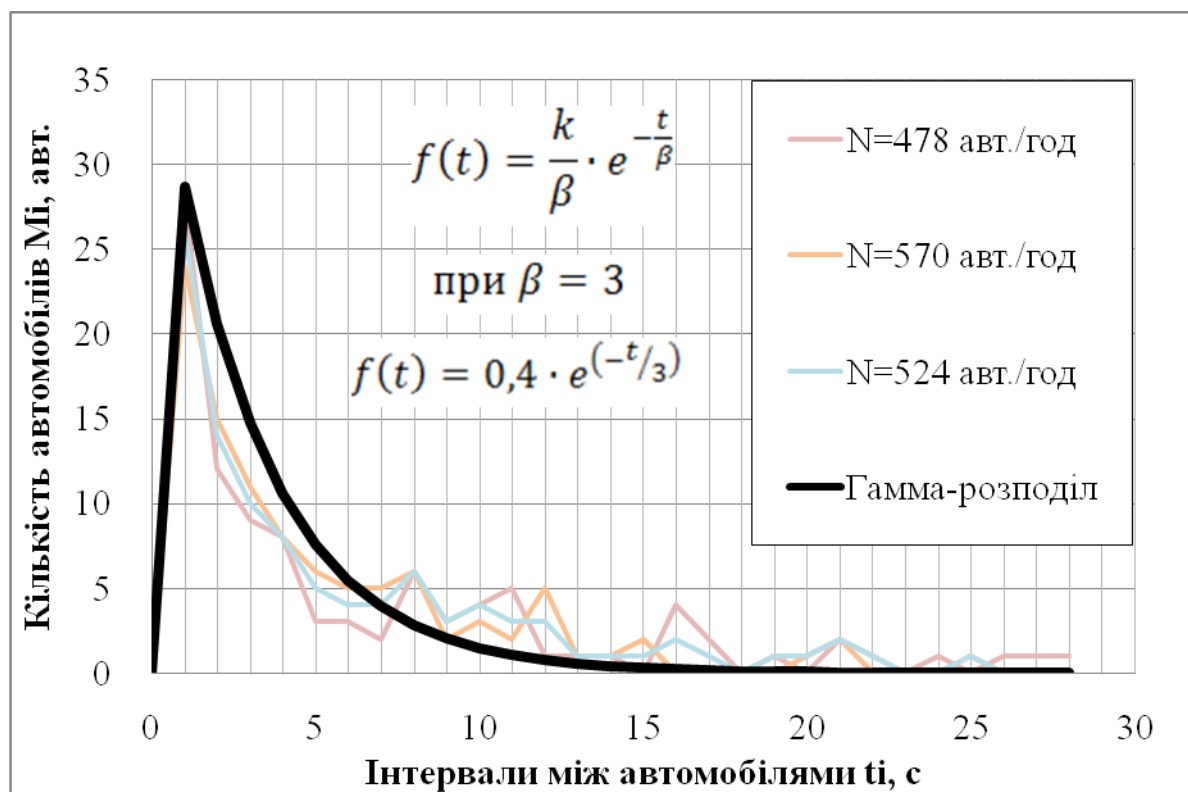


Рисунок В.1 – Розподіл кількості автомобілів в залежності від інтервалу часу між ними, на двох смугових автомобільних дорогах при інтенсивності руху в одному напрямку до 700авт./год

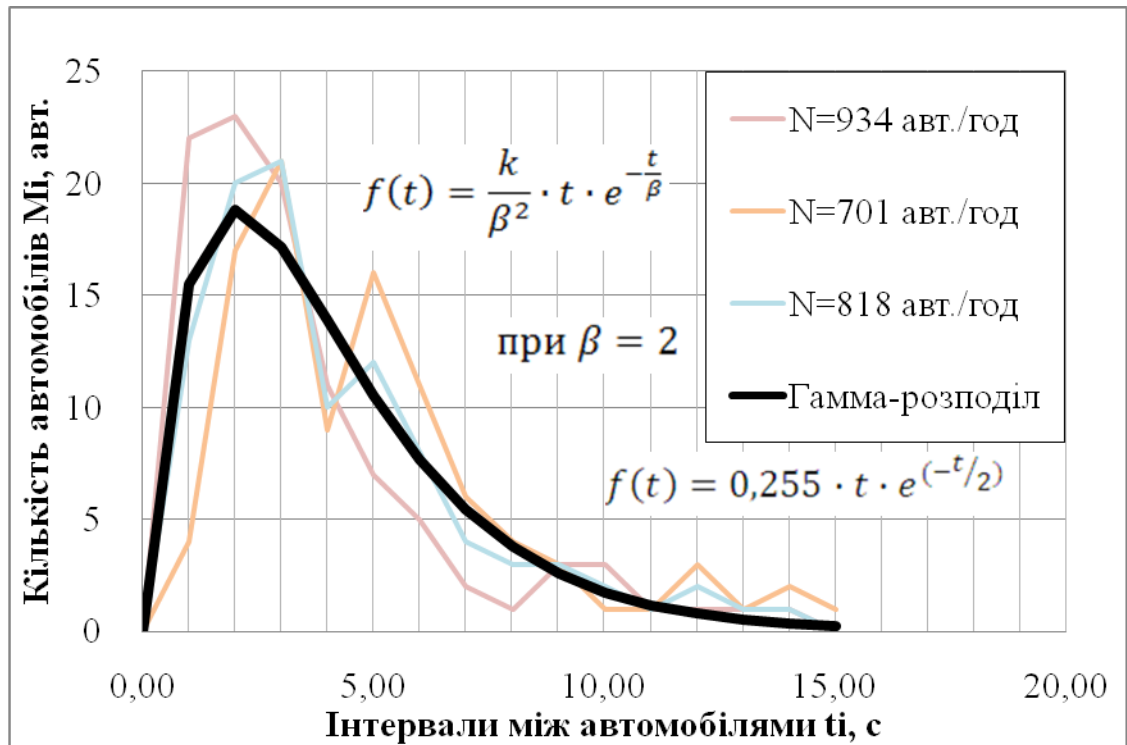


Рисунок В.2 – Розподіл кількості автомобілів в залежності від інтервалу часу між ними, на крайній правій смузі чотирьох смугових автомобільних доріг при інтенсивності руху по ній від 700 до 1 000 авт./год

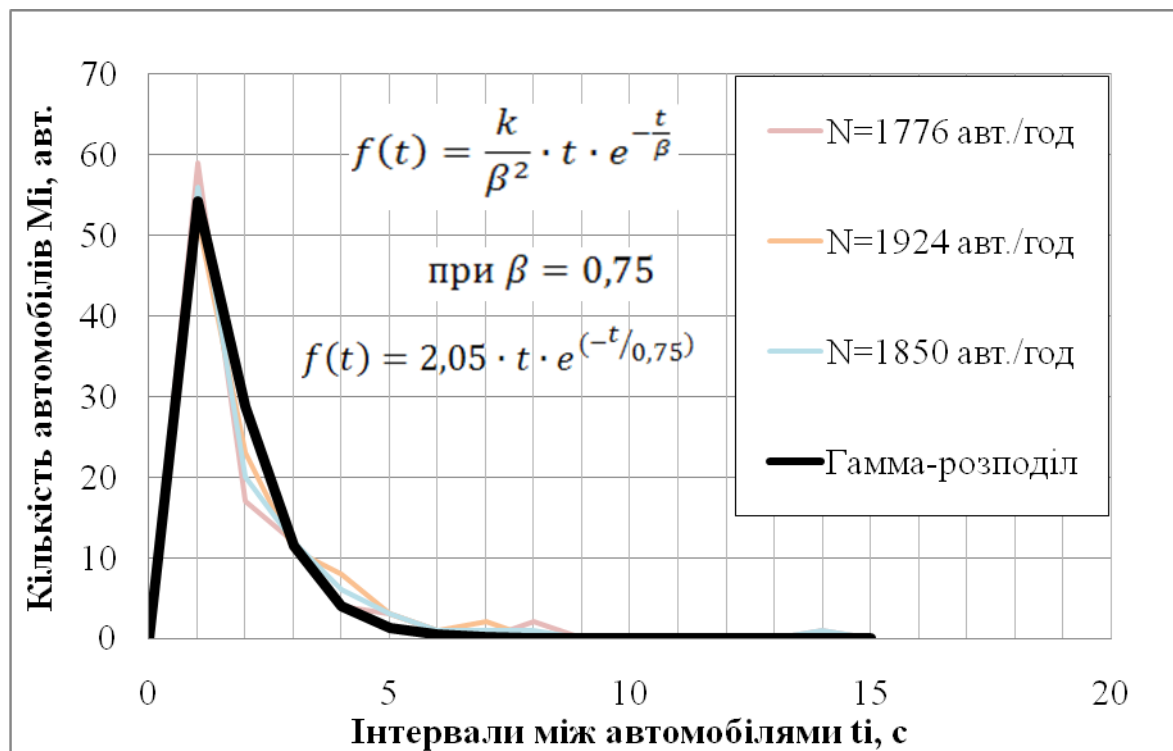


Рисунок В.3 – Розподіл кількості автомобілів в залежності від інтервалу часу між ними, на чотирьох смугових автомобільних дорогах при інтенсивності руху в одному напрямку від 1 500 авт./год.

ДОДАТОК Г

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕКОМЕНДАЦІЇ

**ЩОДО РОЗМІЩЕННЯ ТА КОНСТРУКЦІЇ ЗАХИСНИХ СПОРУД НА
ДІЛЯНКАХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ В ЗОНІ РОЗТАШУВАННЯ
АВТОЗАПРАВНИХ СТАНЦІЙ**

Розробник:

ас. кафедри проектування доріг,
геодезії та землеустрою

Тютюнник Я. С.

Київ – 2017 рік

Захисні споруди повинні виконувати функції захисту людей та автомобілів, що рухаються по автомобільній дорозі, будівель і споруд від надмірного тиску в разі виникнення аварійної ситуації на АЗС.

1. Визначення розмірів захисної споруди

Висоту захисної споруди необхідно обирати в залежності від різниці розташування по висоті території АЗС та проїзної частини автомобільної дороги так щоб забезпечити захист автомобілів.

Якщо АЗС знаходиться на одному рівні з автомобільною дорогою то висоту стінки приймати за формулою (Г.1), але не менше 1,0 м.

$$h_{\text{ст}} = \frac{l_1}{l_2} \cdot 1,5 + 0,3, \quad (\text{Г.1})$$

де $h_{\text{ст}}$ – висота захисної споруди, м;

l_1 – відстань від місця зливу пального (можливого розливу палива) до проїзної частини, м;

l_2 – відстань від місця зливу пального (можливого розливу палива) до захисної споруди, м.

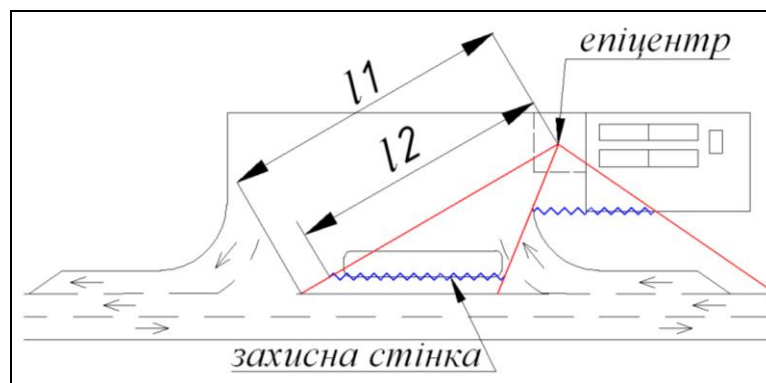


Рисунок Г.1 – Схема визначення довжини l_1 та l_2

Якщо АЗС на автомобільна дорога знаходяться на різних рівнях, то висоту стінки визначати за розрахунковою схемою (рис. Г.2):

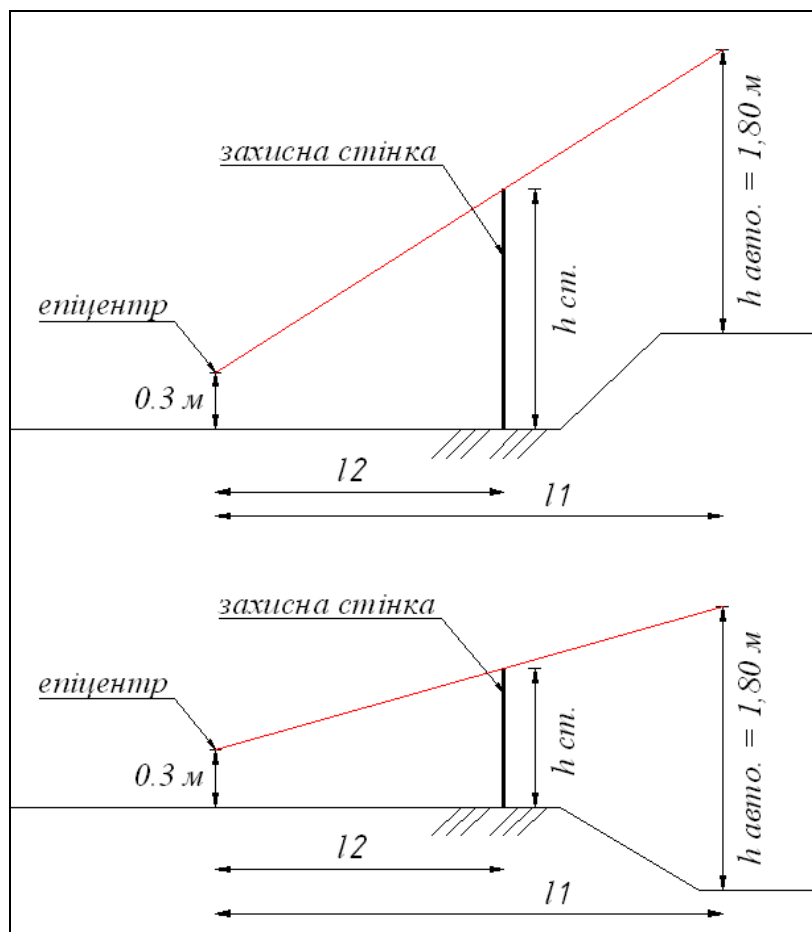


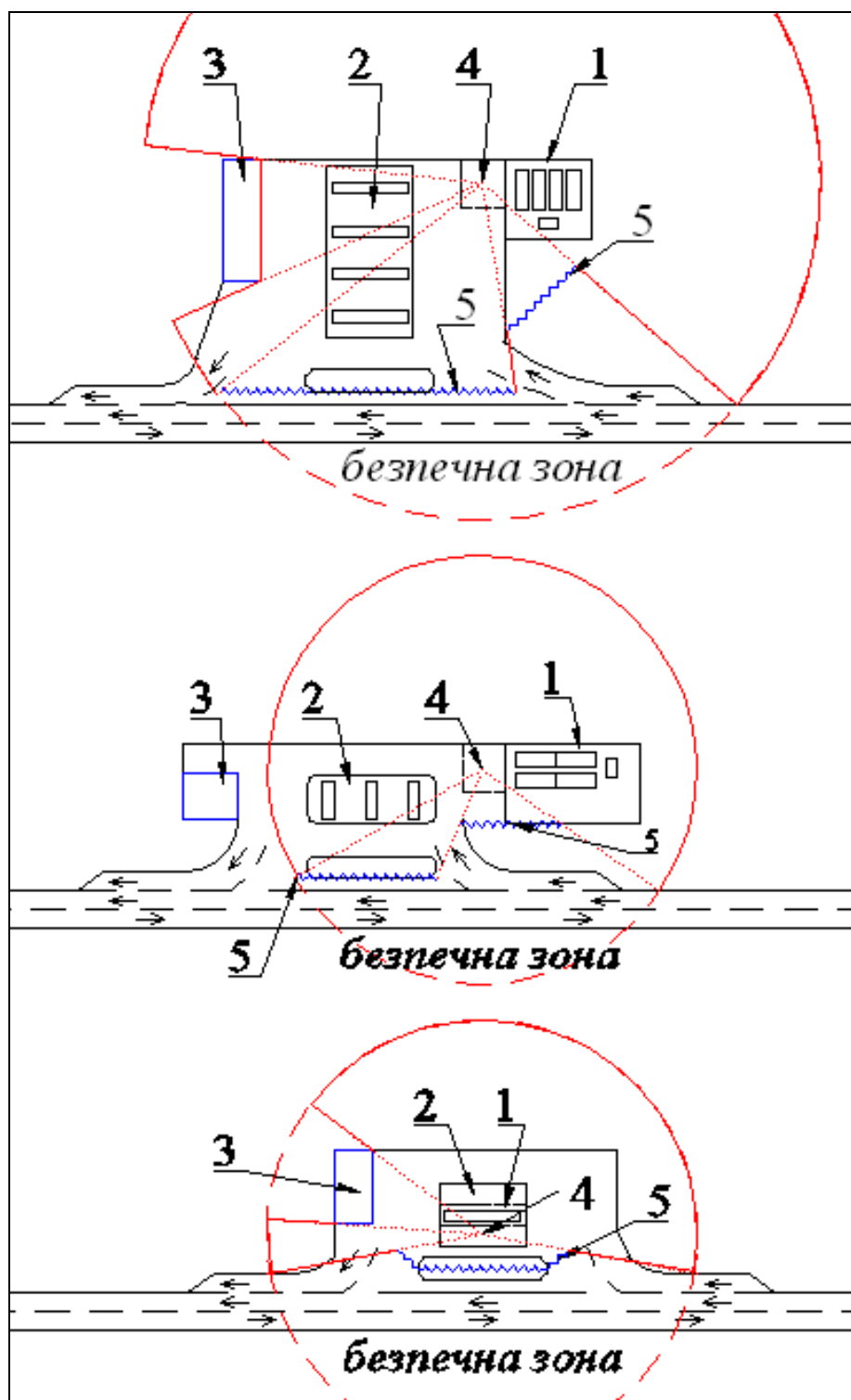
Рисунок Г.2 – Розрахункова схема визначення висоти захисної споруди

Довжина захисної споруди визначається в залежності від геометричних параметрів АЗС та її розміщення відносно автомобільної дороги на плані.

2. Варіанти розміщення захисних споруд в плані.

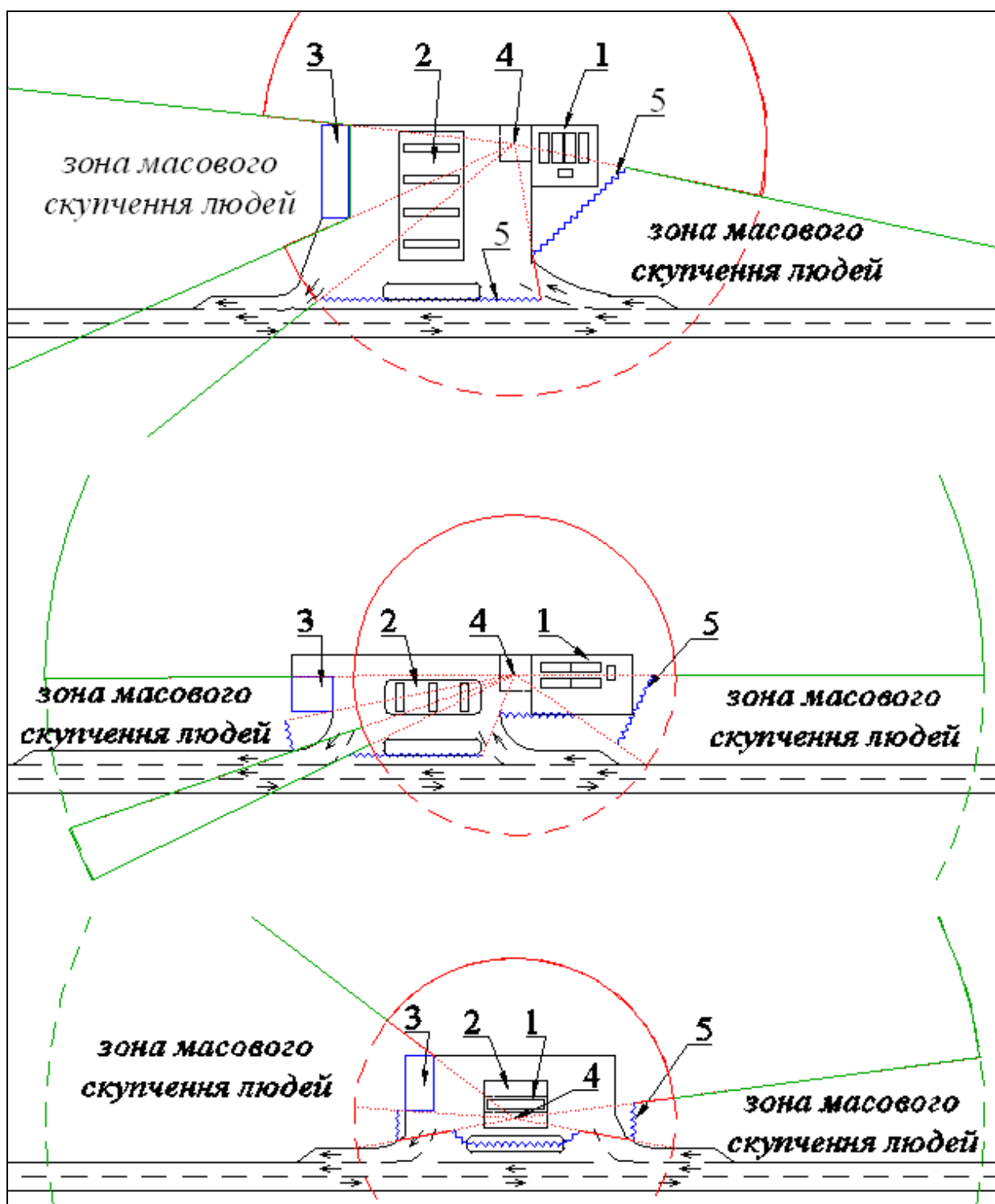
При розміщенні захисних споруд необхідно враховувати розташовування поряд з АЗС місць масового скупчення людей (рис. Г.3 та Г.4).

Розміщення захисних споруд біля краю проїзної частини повинно відповідати вимогам ДСТУ 3587, ДСТУ Б В.2.3-9-2003 та ДСТУ 2735-94 [1-3].



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 Г.3 – Типове розміщення захисних споруд на АЗС різних розмірів та планування



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 Г.4 – Типове розміщення захисних споруд на АЗС різних розмірів та планування з урахуванням місць масового скупчення людей

3. Конструкції захисних споруд.

Товщина захисної споруди призначається залежно від матеріалу та величини надмірного тиску у фронті ударної хвилі. Величина надмірного тиску визначається за графіком (рис Г.5) в залежності від відстані до епіцентру можливого вибуху при різних площах обмеженої ділянки.

Примітка: Площа обмеженої ділянки – це площа проливу пального з подальшим утворенням паливо-повітряної суміші над дзеркалом проливу.

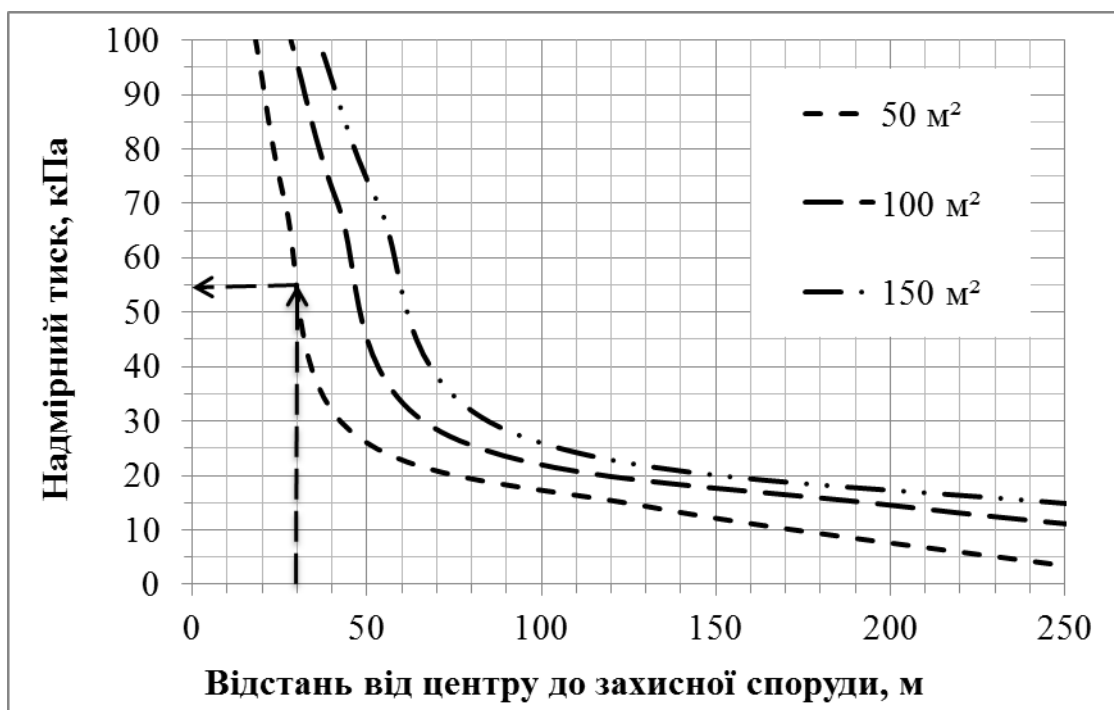


Рисунок Г.5 – Графік зміни надмірного тиску вибухової хвилі з відстанню від епіцентру можливого вибуху при різних площах обмеженої ділянки

Для забезпечення необхідної видимості території АЗС з боку проїзної частини необхідно використовувати конструкції з багатошарового вибухобезпечного скла [4]. В місцях, де захисні споруди не будуть зменшувати видимість, дозволяється використовувати інші матеріали. Матеріал для захисної споруди призначається згідно табл. Г.1 в залежності від величини надмірного тиску.

Таблиця Г.1 – 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 [4].		

Нормативні посилання:

1. ДСТУ 3587–97. Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці і залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану. К. : Держстандарт України, 1997. 24 с.
2. ДСТУ Б В.2.3-9-2003. Споруди транспорту. Пристрої дорожні напрямні. Загальні технічні умови. К. : Державний комітет України з будівництва та архітектури, 2003. 61 с.
3. ДСТУ 2735–94. Огородження дорожні і напрямні пристрої. Правила використання. Вимоги безпеки дорожнього руху. К. : Держстандарт України, 1994. 7 с.
4. ДСТУ Б В.2.7–123:2004 Скло багатошарове будівельного призначення. К. : Державний комітет України з будівництва та архітектури, 2004. 32 с.

ДОДАТОК Д

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ВІДООСТІ ПРО АПОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

У фахових виданнях:

1. 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.
2. Тютюнник Я.С. Аналіз небезпек пов’язаних з роботою автозаправних станцій // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. К. : НТУ, 2012. Вип. 85. С. 217–222.
3. Тютюнник Я.С. Аналіз розміщення АЗС на автомобільних дорогах І категорії // Вісник Національного транспортного університету. К. : НТУ, 2013. Вип. 28 – С. 472–476.
4. 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.
5. Тютюнник Я.С. Встановлення ділянки автомобільної дороги, що потрапляє в зону надлишкового тиску вибухової хвилі в разі аварії на АЗС // Автошляховик України. К. : ДП «ДержавтотрансНДІпроект», ДА Укр-автодор, 2015. – № 1-2 (243-244) С. 54–56.

У закордонних виданнях:

6. 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.

У збірниках доповідей, тез конференцій і семінарів:

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, 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, 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 І 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.

ДОДАТОК Е

ВПРОВАДЖЕННЯ ТА СВІДОТСТВО ПРО РЕЄСТРАЦІЮ
АВТОРСЬКОГО ПРАВА НА ТВІР

Довідка

Цією довідкою засвідчується, що результати дослідження, які відображені у кандидатській дисертації асистента кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою НТУ Тютюнник Я.С. «Обґрунтування розміщення автозаправних станцій на автомобільних доріг» застосовуються при наданні дозволів на розміщення автозаправних станцій на автомобільних дорогах Чернігівської області. Економічна ефективність даної роботи буде визначена після впровадження результатів наукових досліджень за даною темою у виробництво.

Перший заступник начальника
Служби автомобільних доріг
у Чернігівській області



О. Решетник

ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ



ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО –
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ІНСТИТУТ
З ПРОЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ
ДОРОЖНЬОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРДІПРОДОР



03680, м. Київ, Повітрофлотський пр-кт, 39/1
тел./факс: (044) 249-84-83
e-mail: okt@diprodor.com

“ 26 ” 02 2015 р.

№ 174-01

Довідка

про впровадження

Цією довідкою засвідчується, що результати дослідження, які відображені у кандидатській дисертації асистента кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою НТУ Тютюнник Я.С. «Обґрунтування розміщення автозаправних станцій на автомобільних дорогах» впроваджуються при наданні дозволів на розміщення автозаправних станцій на автомобільних дорогах.

Були застосовані розрахунки небезпечних зон дії надлишкового тиску в фронті вибухової хвилі в разі можливої аварійної ситуації на АЗС. Враховані рекомендації щодо розташування АЗС від краю проїзної частини та природоохоронних об'єктів, по плануванню території станції чи комплексів.

Економічна ефективність даної роботи буде визначена після впровадження результатів наукових досліджень за даною господарською темою у виробництво.

Заступник головного інженера інституту,
канд. техн. наук



Ф.П. Гончаренко

Ф.П. Гончаренко

УКРАЇНА



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО
про реєстрацію авторського права на твір

№ 60915

Стаття "Розрахунок вибухової хвилі в разі аварійної ситуації на автозаправній станції"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) Тютюнник Яна Сергіївна

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать Національний транспортний університет, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

Дата реєстрації 28.07.2015

Голова Державної служби інтелектуальної власності України

 А.Г.Жарінова



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ
Україна, 03680, МСП, м. Київ-35,
вул. Урицького, 45
Тел. (044) 494-06-06
Факс (044) 494-06-67
E-mail: post@sips.gov.ua



STATE INTELLECTUAL
PROPERTY SERVICE
OF UKRAINE
Ukraine, 03680, MSP, Kyiv-35,
45, Urytskogo str.
Tel. (044) 494-06-06
Fax (044) 494-06-67
E-mail: post@sips.gov.ua

РІШЕННЯ

ПРО РЕЄСТРАЦІЮ АВТОРСЬКОГО ПРАВА НА ТВІР

Державна служба інтелектуальної власності розглянула заяву
Національний транспортний університет, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010

(повне ім'я фізичної або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

заявка від 29.05.2015 № 61323

про реєстрацію авторського права на твір і прийняла рішення зареєструвати авторське
право на службовий твір Стаття "Розрахунок вибухової хвилі в разі аварійної ситуації
на автозаправній станції"; Тютюнник Яна Сергіївна; Національний транспортний
університет

(вид, повна, скорочена (за наявності) назва твору, повне ім'я, псевдонім (за наявності) автора (ів), повна офіційна назва роботодавця)

Внесення відомостей до Державного реєстру свідоцтв про реєстрацію авторського права на твір та
видача свідоцтва будуть здійснені за умови сплати збору за оформлення і видачу свідоцтва про
реєстрацію авторського права на твір відповідно до п.3 постанови Кабінету Міністрів України від 27
грудня 2001 року № 1756 "Про державну реєстрацію авторського права і договорів, які стосуються права
на твір".

Якщо протягом трьох місяців від дати одержання заявником рішення про реєстрацію авторського
права на твір Державна служба не одержала документ про сплату збору за оформлення і видачу
свідоцтва у розмірі та порядку, визначених законодавством, або копію документа, що підтверджує право
на звільнення від сплати зазначеного збору, заявка вважається відхиленою і реєстрація авторського
права та публікація відомостей про реєстрацію Державною службою не проводиться.

Голова Державної служби
інтелектуальної власності



Handwritten signature

А.Г. Жарінова



ЗГІДНО
ОРИГІНАЛУ