

Є. В. Мартин, В. С. Яковчук, О. В. Придатко

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Львів, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9095-7057> – Є. В. Мартин

<https://orcid.org/0000-0002-0719-9118> – О. В. Придатко



evmartun@gmail.com

РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ГРАФІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАЄКТОРІЙ ОБГОНУ ДЛЯ ПОЖЕЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

Метою статті є розробка інформаційної графічної технології у вигляді встановленого в бортовий комп'ютер пожежного автомобіля програмного забезпечення з можливістю інтегрувати автомобіль в мережу.

Методи дослідження. У роботі використано один із способів оцінки геометричної траєкторії руху автомобілів спеціального призначення при дослідженні причин виникнення і реконструкції обставин дорожньо-транспортних пригод. Його суть полягає у тому, щоб на основі теорії нечітких множин та експериментальних досліджень запропонувати спосіб зменшення невизначеності побудови розрахункової траєкторії руху автомобіля під час маневрувань в умовах неточності вихідних даних. Основою запропонованого способу є математична, геометрична та імітаційна моделі оцінки траєкторії руху автомобіля під час його руху, яка дає змогу враховувати перерозподіл вертикальних реакцій не лише по осях, а й по бортах автомобіля та дає можливість встановити момент виникнення юзу кожного колеса.

Результати. Запропоновано концепцію автоматизованої програми Road Geometry з багатофункціональними можливостями, які допоможуть зменшити число надзвичайних ситуацій на дорогах завдяки обчисленню траєкторії обгону авто з урахуванням важливих чинників, зокрема, людського фактора. В ході досліджень показано, що для оцінки параметрів траєкторії руху автомобіля необхідно визначити закони зміни сил і моментів, що діють на автомобіль в процесі гальмування. Встановлено, що характер зміни сил і моментів залежить від режиму гальмування і способу блокування коліс. Основними факторами, які суттєво впливають на формування траєкторії руху автомобіля при гальмуванні, є нерівномірний розподіл коефіцієнта зчеплення по бортах і колесах автомобіля, кутовий нахил дороги, природні процеси та інші чинники. Завдяки можливості використання розроблюваного програмного забезпечення у автомобілях спеціального призначення (пожежних) одержимо вдосконалену систему транспортування пожежної техніки на місце НС з мінімальною витратою часу та максимальним рівнем безпеки життєдіяльності водія та людей довкола. Використання автоматизованої програми Road Geometry є важливим чинником для формування нових принципів та методів порятунку на дорогах.

Розроблено структурну схему та запропоновано принцип взаємодії розроблюваної системи з навколишнім середовищем, сформульовано завдання, яке полягає у інформаційній підтримці екіпажу на борту пожежного автомобіля завдяки збору інформації, аналізу та подальшого удосконалення схем та методів у фоновому режимі на бортовому комп'ютері автомобіля. Її використання орієнтоване насамперед на оперативне інформування водія спеціального транспортного засобу (ТЗ) про ймовірну небезпеку для своєчасного реагування на небезпечну ситуацію та уникнення загрози. Це сприятиме, з одного боку, підвищенню рівня інформування спеціальних служб в аварійній ситуації, а з іншого – накопичуватиме експериментальні дані для подальшого дослідження процесів взаємодії пожежних авто з рештою учасників дорожнього руху і додатково вдосконалив проаналізовані методи та функції, тестуватиме та вилучатиме технічні чи програмні помилки в ході перевірки програмного забезпечення (ПЗ) системи.

Ключові слова: транспортний потік, транспортний засіб, математичне, геометричне та імітаційне моделювання, дорожньо-транспортна пригода, програмне забезпечення, бортовий комп'ютер, інформаційні графічні технології, система супроводу транспортних засобів.

DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF INFORMATION GRAPHIC TECHNOLOGY OF MODELING OF OVERTAKING TRAJECTORIES FOR FIRE VEHICLES

The purpose of the article is to develop information graphic technology in the form of software installed in the on-board computer of a fire truck with the ability to integrate the vehicle into the network.

Research methods. The work uses one of the methods of assessing the geometric trajectory of special-purpose vehicles in the study of the causes of the occurrence and reconstruction of the circumstances of traffic accidents. Its essence is to propose, based on the theory of fuzzy sets and experimental studies, a way to reduce the uncertainty of constructing the calculated trajectory of the car during manoeuvres in conditions of the inaccuracy of the initial data. The basis of the proposed method is a mathematical, geometric and simulation model for estimating the trajectory of the car during its movement, which allows to take into account the redistribution of vertical reactions not only along the axles but also along the sides of the car and makes it possible to establish the moment of occurrence of the yes of each wheel.

The results. The concept of an automated Road Geometry program with multifunctional capabilities is proposed, which will help reduce the number of emergencies on the roads by calculating the trajectory of overtaking cars taking into account important factors, in particular, the human factor. In the course of the research, it is shown that to estimate the parameters of the car's trajectory, it is necessary to determine the laws of change of forces and moments acting on the car during the braking process. It was established that the nature of the change in forces and moments depends on the braking mode and the method of locking the wheels. The main factors that significantly affect the formation of the trajectory of the car during braking are the uneven action of the braking moments, the transverse displacement of the centre of mass of the car, the uneven distribution of the coefficient of adhesion on the sides and wheels of the car, the angular inclination of the road, natural processes and other factors. Thanks to the possibility of using the developed software in special-purpose (fire) vehicles, we will have an improved system of transporting fire equipment to the scene of an emergency with a minimum amount of time and a maximum level of safety for the life of the driver and the people around him. The use of the Road Geometry automated program is an important factor in the formation of new principles and methods of road rescue.

A structural diagram was developed and the principle of interaction of the developed system with the environment was proposed, the task was formulated, which consists of informational support of the crew on-board the fire engine due to the collection of information, analysis and further improvement of schemes and methods in the background mode on the car's on-board computer. Its use is primarily focused on promptly informing the driver of a special vehicle (TK) about a possible danger for timely response to a dangerous situation and avoiding a threat, which will contribute, on the one hand, to an increase in the level of informing special services in an emergency, and on the other hand, to accumulate experimental data for further research processes of interaction of fire engines with other road users and additionally improve the analysed methods and functions, perform testing and removal of technical or software errors during the system software (software) check.

Keywords: traffic flow, vehicle, geometric modelling, road accident, information technologies, software, on-board PC, information and graphic technologies, the system of safe movement of vehicles.

Постановка проблеми. Інформаційні технології ще з початку свого становлення активно використовуються в різних сферах життя людини, зокрема, на транспорті, який перебуває в стані безперервного руху. В умовах постійного зростання інтенсивності руху на дорогах, в процесі реалізації сучасних транспортних технологій, зокрема, впровадження високих, в тому числі інформаційних, технологій та унікального автомобільного обладнання зростає роль суб'єктивного чинника. В свою чергу, завдяки залученню інформаційних технологій створюються програмні системи для бортових комп'ютерів (ПК), які підвищують рівень безпеки. Розроблено багато варіантів дотримання високого рівня безпеки у різних галузях життєдіяльності. Кожен з них приносить певну користь та відіграє важливу роль у житті людини. Не відстає від розвитку державна програма забезпечення та покращення належного рівня

безпеки на дорогах. Завдяки появі на ринку новітніх інформаційних технологій з'явилася можливість створювати функціональні програми, які забезпечують автомобілістів важливою та точною інформацією в процесі руху транспорту. Враховуючи, що стан дорожнього руху в Україні характеризується зростаючим рівнем аварійності, значним числом людських жертв та матеріальними збитками внаслідок дорожніх транспортних пригод (ДТП), можна наголосити, що поставлене завдання створення інформаційної графічної технології моделювання траєкторій обгону для пожежних автомобілів потребує подальшого дослідження.

Зміна структури і швидкісних режимів транспортних потоків пред'являють усе більші вимоги до автомобілів під час їх прибуття на місце надзвичайної ситуації. Закон України «Про дорожній рух» визначає правові та жорсткі вимоги до засобів керування й організації руху

для забезпечення необхідної якості слідування пожежних, соціальні основи дорожнього руху щодо захисту життя та здоров'я громадян, створення безпечних і комфортних умов для учасників руху та охорони природного середовища [1]. Головними об'єктами впливу на життя та здоров'я людини як учасника дорожнього руху виступають: технічний чинник, тобто транспортний засіб, та людський фактор.

Для того, щоб забезпечити належний рівень безпеки автомобілістам на дорозі, в тому числі пересуванню пожежних авто, потрібно створити системи підтримки прийняття рішень на засадах розширення функціональних інформаційно-технологічних можливостей неспеціалізованих інформаційно-технічних ресурсів. Вони можуть бути залучені до складу систем оцінки поточної аварійної ситуації, прогнозування результатів небезпеки та формування рекомендацій для їх усунення математичним, геометричним та імітаційним моделюванням транспортного потоку в процесі руху та маневрування.

Використання концептуальних програмних систем сприятиме поліпшенню функції формування схем та моделей для їх подальшої зміни чи технічного вдосконалення, залучення нових функцій та методів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій стверджує доцільність розроблення і впровадження інформаційних технологій майже у всі галузі життєдіяльності взагалі і логістичних структур зокрема. Так, наукові розвідки [2, 3, 4] розвивають і впроваджують у практику інформаційні технології підвищення результативності навчальних і наукових проєктів та безпеки у місцях з масовим перебуванням людей. Розв'язання широкого кола задач науки і техніки засобами інформаційних технологій знаходимо в багатьох публікаціях, зокрема, у дослідженнях сервісу керування [5], медицині [6], поліграфії [7]. Результативно використовуються інформаційні технології в логістиці, особливо у її безпековій частині. Так, в процесі дослідження функціоналу систем безпеки (автопілота) компаній Google та Tesla проаналізовані нами схеми та залежності використання технічних чинників і програмних систем для формування автономної роботи ПЗ з урахуванням [1] показали важливість проблеми удосконалення програмних продуктів. Концерн Daimler, який належить Mercedes-Benz, і компанія Bosch уклали угоду, в рамках якої створюється повністю автономна система для безпілотних автомобілів. Компанії працюють над безпілотними автомобілями, які відповідають класифікаціям SAE Level 4 (високий рівень автономності) і SAE Level 5 (повна автономність, яка не потребує втручання водія).

Дослідження [8] показали, що на основі теорії нечітких множин та експериментальних даних можливо розробити спосіб зменшення невизначеності побудови розрахункової траєкторії руху автомобіля при гальмуванні в умовах неточності вихідних даних. «Розумна» модель транспортних засобів (PMTЗ), розроблена в [9], дає змогу поліпшити результати, одержані з інших "розумних" драйвер-моделей. В [10] використовуються клітинні автомати для моделювання транспортного руху. Часто у популярних програмних продуктах, таких як PTV VISSIM, для моделювання транспортних потоків використовується модель Відемана [11]. Бандо та його колегами у 1995 році презентована так звана «оптимальна швидкісна модель» [12]. Імовірна модель GAZIS, заснована на дослідженнях Gazis, Herman і Rothery, належить до класу слідування за лідером. Вона реалізує поведінку транспортного засобу, визначає відстань, розглядаючи при цьому час реакції водія на певні зовнішні фактори [13]. Імовірна модель Спармана та Тайса враховує зміни смуги руху [13]. Модель Хелбінг-Шрекенберга зображує транспортний засіб як одну клітинку, якій умовно присвоюється певна довжина [13]. Отже, розроблення системи підтримки прийняття рішень на засадах розширення функціональних інформаційно-технологічних можливостей неспеціалізованих інформаційно-технічних ресурсів становить актуальне наукове і технічне завдання. Його результати можуть бути залучені до складу систем оцінки поточної аварійної ситуації, прогнозування результатів небезпеки та формування рекомендацій. Їх досягнення можливе створенням інформаційної технології на основі багатовимірного фазового простору для дослідження динаміки математичним, геометричним та імітаційним моделюванням транспортного потоку.

Виклад основного матеріалу. Бурхливий розвиток комп'ютерної техніки та інформаційних технологій слугує поштовхом до розвитку суспільства, побудованого на використанні різноманітної інформації. Розвиток інформаційного суспільства зумовлює необхідність докорінних змін та вдосконалення систем безпеки життєдіяльності, які на сьогодні є недосконалими або і взагалі неефективними. Одним з головних чинників ризику виступають дорожньо-транспортні пригоди. Особливо слід звернути увагу на ситуації, пов'язані з автомобілями спеціального призначення. Причинами дорожньо-транспортних пригод переважно є технічні несправності, недбалість водія (порушення правил дорожнього руху) та природні чинники. Критична ситуація, яка

склалася у сфері забезпечення дорожнього руху, продовжує погіршуватися через невідповідність наявної дорожньо-транспортної інфраструктури до потреб суспільства та держави у контексті безпечного дорожнього руху. Ми пропонуємо один із способів оцінки геометричної траєкторії руху автомобілів спеціального призначення під час виявлення причин виникнення та реконструкції обставин дорожньо-транспортних пригод. Його суть полягає у тому, щоб на основі теорії нечітких множин та експериментальних досліджень запропонувати спосіб зменшення невизначеності побудови розрахункової траєкторії руху автомобіля під час маневрування в умовах неточності вихідних даних. Основою запропонованого способу є математична, геометрична та імітаційна моделі оцінки траєкторії руху автомобіля при його русі, яка враховує перерозподіл вертикальних реакцій не

лише по осях, а й по бортах автомобіля і дає можливість встановити момент виникнення юзу кожного колеса.

Із залученням проаналізованих та досліджених матеріалів [8, 14, 15] пропонуємо загальну схему дослідження (рис.1), яку взято за основу для реалізації інформаційної системи. Встановлено, що інформаційна технологія має враховувати характер зміни сил і моментів, зокрема, його залежність від режиму гальмування і способу блокування коліс. Використання нечіткої експертної інформації про значення факторів, які впливають на фізичні моменти, коефіцієнт зчеплення, кути нахилу та непередбачені на шляху слідування об'єкти, дає змогу зменшити обсяг експериментальних досліджень і значно скоротити час формування та прийняття об'єктивного рішення про причини виникнення аварійних ситуацій.

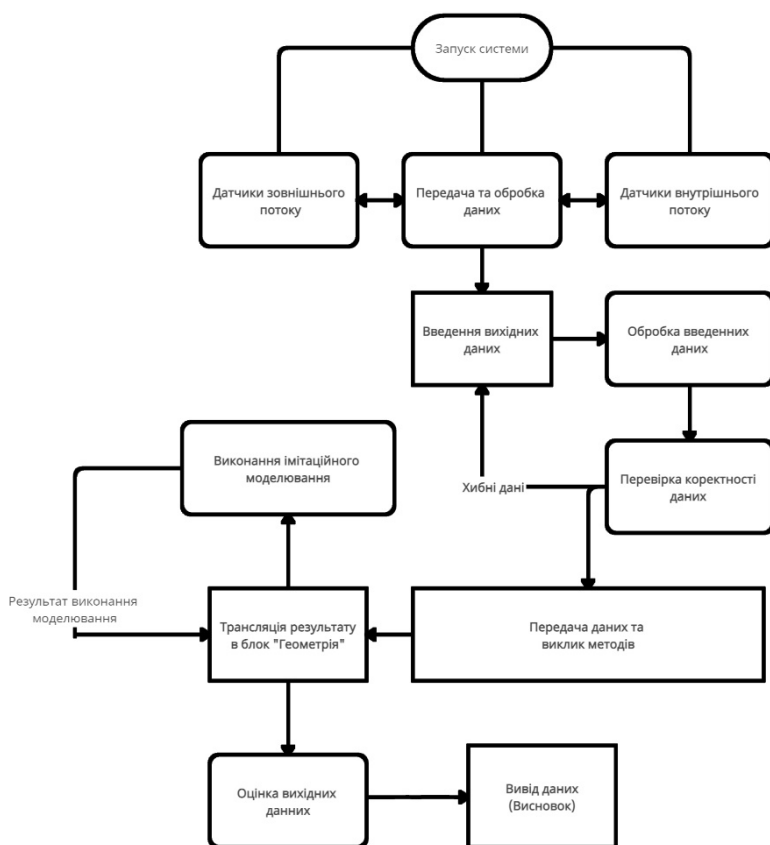


Рисунок 1 – Схема планового дослідження інформаційної системи

Блок «Геометрія». Об'єктом дослідження програмного забезпечення Road Geometry виступає блок «Геометрія». Його завдання полягає у геометричному моделюванні траєкторій обгону і дослідження впливу на їх характер та аналізу зовнішніх, технічних та внутрішніх критеріїв автомобіля (рис. 2). Визначальним серед критеріїв, на нашу думку, є людський фактор, що становить критичну і вирішальну точку в формуванні моделі (рис.2 а).

Тому робочий простір автомобіля пропонуємо поділити на чотири зони (рис.2 б): зона 2 становить значну небезпеку для обох автомобілів, зону 1 віднесемо до байдужої, адже зустрічний автомобіль оминув і вже позаду, зона 4 не потребує особливої уваги, тому що автомобіль минає перехожих на тротуарі, а в зону 3 потрапляють зустрічні перехожі, велосипедисти, тому водій повинен бути обережним.

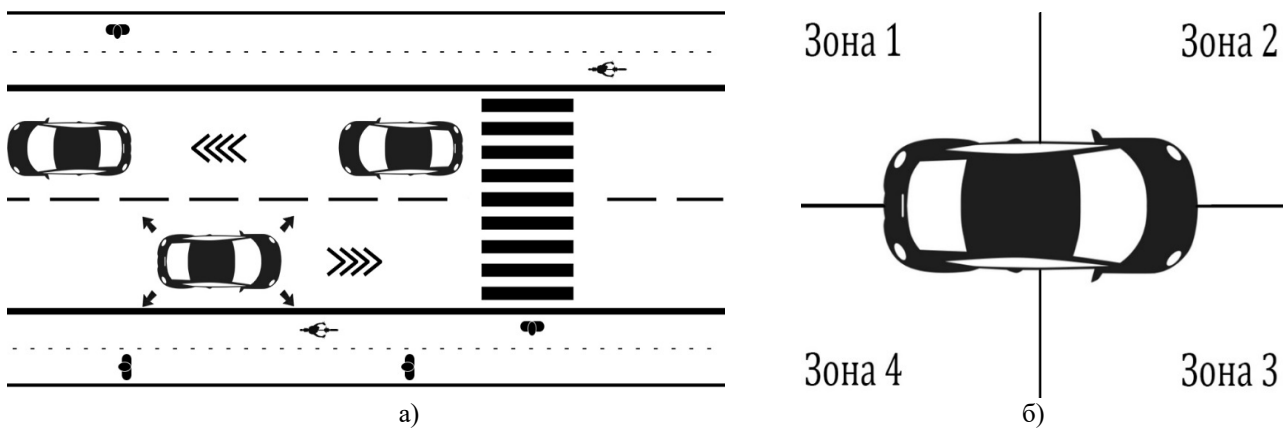


Рисунок 2 – Формування траєкторії обгону автомобіля

Вхідні параметри будемо одержувати з технічних характеристик автомобіля, які є важливими при дослідженні та вдосконаленні подібних моделей. Зовнішнє інформування є основним з параметрів для побудови моделі, адже точність розрахунку залежатиме від урахування максимального числа чинників, які впливають на рух автомобіля та на технічний мобільний засіб загалом. Інформаторами зовнішнього середовища слугують автомобільні датчики, що фіксуватимуть усі важливі параметри, які мають вплив на виведення результату та досконалість наших моделей.

Серед основних характеристик (значень) виділимо розподіли випадкових подій, що в подальшому узгоджуються із теоретичними положеннями. Врахування основних показників транспортних потоків потрібне для створення загальної характеристики та дослідження затримки автомобілів. Моделювання системи ґрунтується на основі математичної та імітаційної складових. Імітаційна модель залучається до конструювання схеми реальної системи і виконання експериментів. Всебічне вивчення поведінки системи, оцінювання її (дотримуючись обмежень, які накладають за певними критеріями) для різних стратегій, є передумовою забезпечення належного функціонування системи. Блок «Геометрія» формується з урахуванням задач, розв'язки яких не завжди можливі із залученням математичної чи імітаційної моделі. Для більшості моделей, які описують сучасні складні системи, отримати аналітичний розв'язок неможливо. До цих систем відноситься й наша розробка, яка потребує врахування значної кількості чинників, зокрема, випадкових. Для цього слугують імовірнісні статистичні методи та алгоритми числового аналізу, залучені до імітаційного моделювання на бортовому комп'ютері. Суть такого моделювання

зводиться до побудови алгоритму, який імітує поведінку і взаємодію елементів складної системи з урахуванням дестабілізуючих чинників.

Особливістю використання нами імітаційного моделювання є аналіз чутливості – визначення ступеня змінюваності (чутливості) остаточних результатів моделювання щодо зміни параметрів моделі. Суть цього аналізу полягає у тому, що параметри моделі систематично варіюють у певних межах, спостерігаючи за зміною досліджуваних характеристик процесу. Тобто змінні та значення, які майже беззмінно впливають на модель, можливо перерахувати в одне середнє значення, а якщо ж незначні варіації параметра відчутно впливають на результати моделювання, то необхідно отримати точніші його оцінки. Завдяки цим особливостям одержимо змогу змінювати будь-який поточний параметр і спостерігати за змінами в поведінці моделі, контролюючи перебіг одержаних результатів.

Блок-схема (рис.3) подає роботу алгоритму імітаційного моделювання і розрахунку траєкторії обгону з подальшим аналізом та дослідженням системи. В такому контексті важливо визначити усі критичні точки, тобто крайні межі нашого дослідження, параметри, що мають мінімальний вплив на результат, проте будуть враховані в процесі обчислень. Вони безперечно впливатимуть на побудову моделей та методів. У плані підготовки даних вносимо усі доступні параметри, технічні характеристики та зовнішні чинники, раніше проаналізовані та чітко визначені. Результати досліджень та аналіз одержаних результатів дадуть змогу визначити похибку, яку завдяки вдосконаленню попередніх результатів вдасться зменшити. Після проведення додаткових досліджень, урахування нових чи змінених параметрів будемо модель для подальших експериментів та аналізу одержаних результатів.

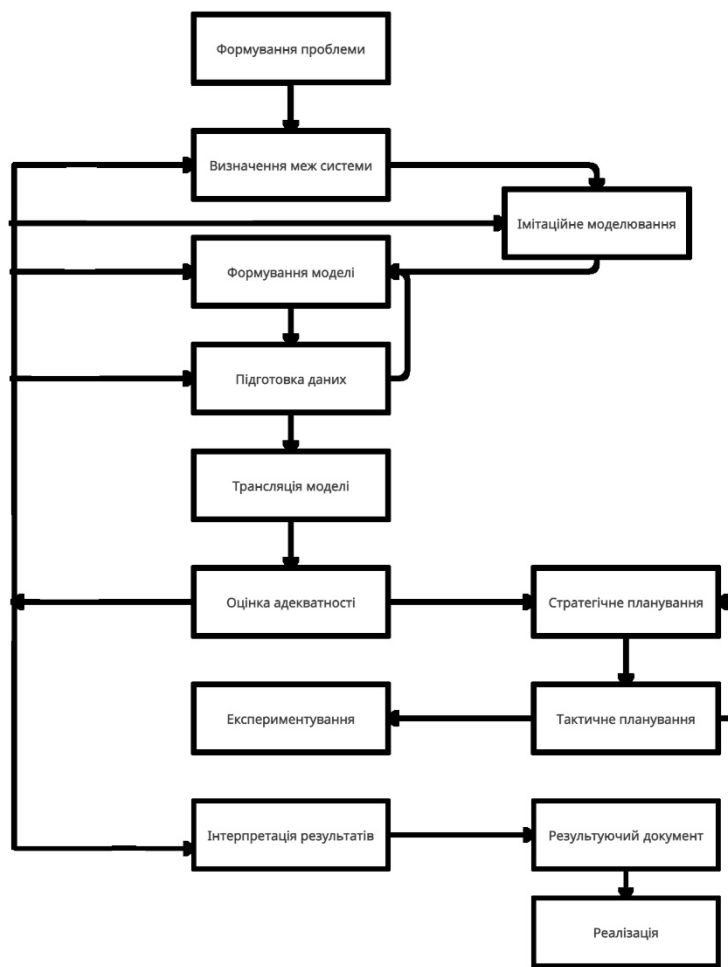


Рисунок 3 – Схема етапів імітаційного моделювання блоку «Геометрія»

Основні параметри розрахунків залучимо з урахуванням того, що для підвищення безпеки дорожнього руху всі транспортні засоби та учасники руху повинні задовольняти вимогам, які обмежують їх *розміри й масу*. Такі вимоги у всіх країнах установлюються в законодавчому порядку. Геометричні параметри, габаритна довжина L_a й ширина B_a , база L автомобіля, суттєво впливають на формування транспортного потоку по ширині й довжині, а також його безпеку і є одними з головних при розрахунках. До того ж врахуємо *вплив випадкових збурень*, що прагнуть змінити характер руху автомобіля. До таких збурень відносяться удари коліс об нерівності покриття, зміни поперечного ухилу дороги, бічний вітер, випадковий поворот передніх коліс, поперечна стійкість автомобіля, різкість повороту доріг, гальмівні властивості автомобіля, коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою, повітряний тиск в шинах, тип автомобіля та наявність причепа (або його відсутність), людський чинник тощо. Потреба їх врахування обґрунтована тим, що автомобіль відхиляється від прийнятого напрямку руху і водій змушений повертати кермове колесо. Повертаючи автомобіль у вихідне положення, створюється

аварійна ситуація. Зауважимо, що внаслідок цього навіть на строго прямолінійних ділянках дороги автомобіль рухається не прямолінійно, а по *кривих більших радіусів*.

Встановлено [16], що характер зміни сил і моментів залежить від режиму гальмування і способу блокування коліс. Основними факторами, які суттєво впливають на формування траєкторії руху автомобіля при гальмуванні, є нерівномірне дія гальмівних моментів, поперечне зміщення центра мас автомобіля, нерівномірний розподіл коефіцієнта зчеплення по бортах і колесах автомобіля, кутівий нахил дороги, природні процеси та чинники.

Точний розрахунок із залученням математичних, геометричних та імітаційних моделей подає чітке бачення ситуації, усі критичні точки, пов'язані з обгоном ТЗ. При розрахунках ми залучали такі чинники як (рис.4 а):

- поперечна стійкість автомобіля;
- різкість повороту доріг;
- гальмівні властивості автомобіля;
- коефіцієнт зчеплення колеса з дорожнім покриттям;
- погодні умови (окрема залежність від снігу та дощу);

- нахил (положення, показчик крутизни) дороги;
- повітряний тиск в шинах;
- тип автомобіля та наявність причепа (або його відсутність);
- людський фактор.

Тому, на наше переконання, головну увагу слід зосередити на дослідженнях руху автомобіля по прямолінійних ділянках траси (рис.4 б), безперечно за відсутності зустрічного транспорту (рис.4 в).

Траєкторію обгону поділимо на три ділянки. На першій ділянці 1-2 (рис.4в) автомобіль розганяється від значення швидкості V_{yct} до V_{max} , з якою рухається по другій ділянці 2-3, досягаючи максимального

прискорення a_{max} (рис.4 г). Після обгону зустрічного транспорту швидкість автомобіля знижується на третій ділянці 3-4 до усталеного значення V_{yct} при від'ємному прискоренні з мінімальним значенням a_{min} . Побудувавши фазову траєкторію $V=V(a)$, бачимо, що вона зручніша у користуванні, ніж інтегральні криві $V=V(t)$ і $a=a(t)$. Справді для кожного моменту часу, наприклад, $t=t_1$, потрібно визначати дві точки A і B на інтегральних кривих, тоді як фазова траєкторія тривимірного простору стану системи подає одну точку C . Очевидно, що комп'ютерний симулятор має відтворювати наступний характер руху автомобіля при обгоні (рис.4 д).

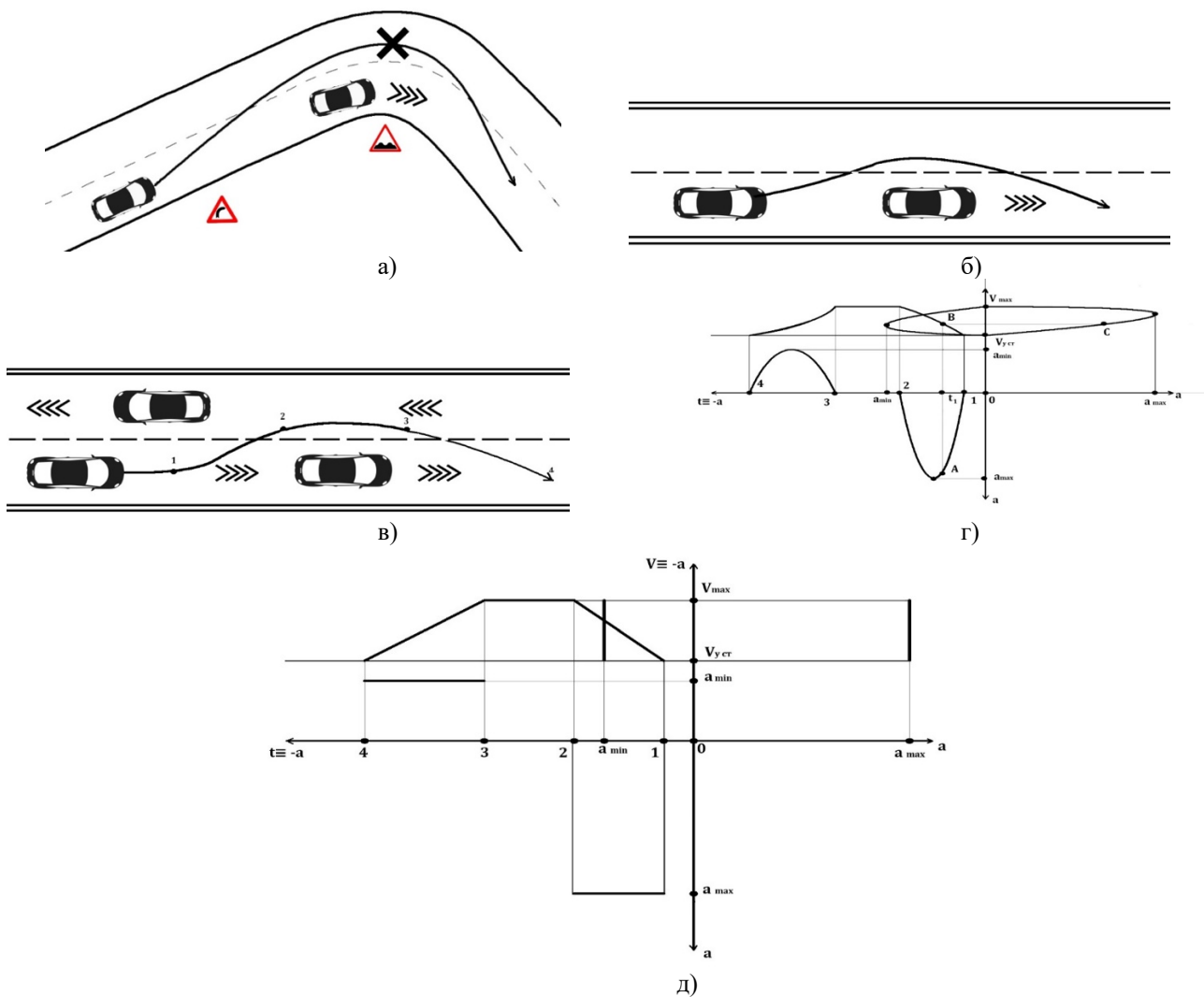


Рисунок 4 – Критичні точки, пов'язані з обгоном ТЗ

Маючи значне число чинників (параметрів), завдання полягає у виборі та поєднанні методів і схем досліджень, які будуть використані в процесі моделювання траєкторії обгону для автомобілів спеціального призначення [18]. Основні з них ми обираємо для дослідження. Зокрема, порівняно із фізичним, математичне і геометричне моделювання є універсальнішим, дає змогу на основі створеної моделі розв'язувати цілий клас

задач з однаковими або подібними математичними описами, забезпечує простоту переходу від однієї задачі до іншої, дає можливість моделювання частинами (тобто декомпонувати систему на частини, моделювати кожен частину окремо й об'єднувати моделі, які відповідають різним підсистемам), що особливо важливо в процесі моделювання складних систем і об'єктів [19].

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблення концепції інформаційної технології, позитивно впливаючи на зменшення числа ДТП, дає можливість:

- створити системи підтримки прийняття рішень на основі розширення функціональних інформаційно-технологічних можливостей неспеціалізованих інформаційно-технічних ресурсів, які можуть бути залучені до складу систем оцінки поточної аварійної ситуації, прогнозування рівня небезпеки та створення рекомендацій до їх усунення;

- створити автономну систему сповіщень екстрених служб в разі виникнення надзвичайної ситуації, що буде працювати on-line від бортового комп'ютера, який міститиме в собі особовий номер системи та інформацію про водія;

- використати пріоритетний шлях транспортування автомобіля та персоналу до місця НС для економії часу та зменшення числа заторів у містах та передмісті завдяки системі геоданих, що буде працювати з різними параметрами налаштувань методів та моделей.

Для розробки графічного додатка «Road Geometry» залучені допоміжні програмні засоби Spring Framework, Apache Maven, Arduino та інші.

Функціонал нашого програмного забезпечення пов'язаний з автомобільними датчиками внутрішнього та зовнішнього впливу. Для взаємодії з ними будемо використовувати програмне забезпечення Arduino. Воно допоможе налаштувати систему завантаження вихідних даних з датчиків до мікроконтролерів та їх подальшу обробку для компілювання в програмний код. Однією з особливостей використання Arduino є оболонка цієї програми, яка написана на Java (мова програмування, з якою ми працюємо в процесі розробки концепції програмних систем для бортових ПК).

Наступна програма Apache Maven, яку будемо використовувати в процесі розробки програмного забезпечення, є засобом автоматизації роботи з програмними проектами. Вона використовується для управління (management) та складання (build) програм. Виконання певних, чітко визначених задач, таких як компіляція коду та пакетування, відбувається шляхом досягнення заздалегідь визначених цілей (targets). Apache Maven може динамічно завантажувати плагіни з репозиторію, що забезпечує доступ до багатьох версій різних Java-проектів з відкритим кодом від Apache та інших організацій та окремих розробників.

Наступним засобом є багатьом відомий Spring Framework – фреймворк з підтримкою контейнера інверсії управління для платформи Java. Основні особливості Spring Framework

можуть бути використані будь-яким додатком Java, враховуючи розширення для створення веб-додатків на платформі Java EE.

Використання модулів Spring Framework надають широкий спектр послуг, які ми зможемо використати в процесі розроблення інформаційної системи для бортових комп'ютерів:

- контейнер інверсії управління. Конфігурація компонентів додатків і управління життєвим циклом об'єктів Java здійснюється головним чином через інверсію управління;

- аспектно-орієнтоване програмування. Дає змогу реалізувати наскрізні процедури;

- доступ до даних;

- управління транзакціями та координація операції для Java-об'єктів;

- автентифікація і авторизація. Настроювані процеси безпеки, які підтримують цілий ряд стандартів, протоколів, інструментів і практик за допомогою підпроєкту Spring Security;

- тестування. Підтримка класів для написання юніт-тестів та інтеграційних тестів. Тестування модулів та функцій програм відбуватиметься відповідно до рівня системи:

- компонентне або модульне тестування;

- інтеграційне тестування;

- системне тестування;

- приймальне тестування.

В процесі дослідження та вибору програмного забезпечення передбачене коригування модулів та системи контролю, аналізу алгоритму виконання обчислень та формування методів для кожного з програмних продуктів.

Вибір мови програмування. Перед вибором мови програмування враховано декілька наступних чинників, які в процесі розробки програми стали б високо значимими у роботі з нашим ПЗ.

Для написання графічної програми Road Geometry обрано мову Java, практичне використання якої показало позитивні результати [18,19]. Суворі типізація мови дає змогу уникнути помилок у роботі з різними типами даних, враховуючи достатній вибір можливих фреймворків для роботи з нею, які полегшують життя програміста і позбавляють його від потреби написання шаблонного коду, ручного налаштування з'єднання з базою даних і створення SQL запитів, перевантаження програми багаторазовими створеннями нових об'єктів, застосовуючи перевикористання наявних, збірки всього проєкту власноруч.

Важливим чинником стала можливість виконання програми на будь-якій платформі, для якої написана Java-машина. Вона дозволяє інтерпретувати байт-код програми в машинний код конкретного пристрою, завдяки чому

написана програма для одного середовища працюватиме всюди.

Об'єктно-орієнтоване програмування (ООП) як парадигма розглядає програму у вигляді множини об'єктів, які взаємодіють між собою. Її основу складають чотири принципи: інкапсуляція, успадкування, поліморфізм та абстракція. Однією з переваг ООП є краща модульність програмного забезпечення (тисячу функцій процедурної мови в ООП можна замінити кількома десятками класів зі своїми методами).

Важливим чинником стало автоматичне керування пам'яттю і ресурсами комп'ютера, що позбавило від мало безпечної і зручної роботи з ресурсами комп'ютера [20,21,22]. Ще велике число позитивних моментів можна перелічити, але, на наш погляд, саме мова програмування Java є досконалішою в розробленні нашої інформаційної системи.

Висновок. За результатами проведеного дослідження сформулюємо висновки.

1. Запропоновано концепцію автоматизованої програми Road Geometry з багатофункціональними можливостями, які допоможуть зменшити число надзвичайних ситуацій на дорогах завдяки обчисленню траєкторії обгону авто з урахуванням важливих чинників, зокрема, людського фактора. В ході досліджень показано, що для оцінки параметрів траєкторії руху автомобіля необхідно визначити закони зміни сил і моментів, що діють на автомобіль в процесі гальмування.

2. Встановлено, що інформаційна технологія має враховувати характер зміни сил і моментів, зокрема, його залежність від режиму гальмування і способу блокування коліс. Важливими у створюваній моделі факторами, які суттєво впливають на формування траєкторії руху автомобіля при гальмуванні, є нерівномірний розподіл моментів, поперечне зміщення центра мас автомобіля, нерівномірний розподіл коефіцієнта зчеплення по бортах і колесах автомобіля, кутовий нахил дороги, природні процеси та чинники.

3. Завдяки можливості використання запропонованого програмного забезпечення у автомобілях спеціального призначення (пожежних) одержимо вдосконалену систему транспортування пожежної техніки на місце НС з мінімальною витратою часу та максимальним рівнем безпеки життєдіяльності водія та осіб довкола. Використання автоматизованої програми Road Geometry є важливим чинником для формування сучасних принципів та методів порятунку на дорогах.

4. Розроблено структурну схему та запропоновано принцип взаємодії розробленої

системи з навколишнім середовищем, сформульовано завдання, яке полягає у інформаційній підтримці екіпажу на борту пожежного автомобіля завдяки збору поточної інформації, її аналізу та подальшому використанню розроблених схем та методів у фоновому режимі на бортовому комп'ютері автомобіля.

Список літератури:

1. Закон України «Про дорожній рух» . [Електронний ресурс]. 2020. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3353-12#Text>
2. Malets, I., Popovych, V., Prydatko, O., Dominik, A. Interactive Computer Simulators in Rescuer Training and Research of their Optimal Use Indicator // A.Proceedings of the 2018 IEEE 2nd International Conference on Data Stream Mining and Processing, DSMP 2018, 2018, P. 558–562.
3. Smotr, O., Ljaskovska, S., Malets, I., Karabyn, O. Increasing the animation study management services functioning efficiency Proceedings of the 2020 IEEE 3rd International Conference on Data Stream Mining and Processing, DSMP 2020, 2020, P. 404–408.
4. Zachko O., Golovaty R. Yevdokymova A. Development of a simulation model of safety management in the projects for creating sites with mass gathering of people // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, vol. 2, no. 3 (86), P. 15-24, 2017.
5. Smotr O., Malets R., Ljaskovska S., Karabyn O. Modeling of Animator Studio Control Service Functionality Using Data Mining Tools. Communications in Computer and Information Science, Springer, Cham. – Vol. 1158, 2020. P. 357-371. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61656-4_24
6. Nazarkevych M., Logoyda M., Dmytruk S., Voznyi Ya., Smotr O. Identification of Biometric Images Using Latent Elements /. // CEUR Workshop Proceedings. – Vol. 2488, 2019. –P.99-108.
7. Sikora L., Lysa N., Tkachuk R., Sabat V., Fedevych O.. Information Technology of Risk Assessment for Automated Control Systems of Printing Production // <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/9708>
8. Каштанов А. А., Каштанов В. А., Каштанова А. А. Моделирование траектории руху автомобіля при дослідженні дорожньо-транспортних пригод // Вісник машинобудування та транспорту. Вінниця: ВНТУ, 2019. [Електронний ресурс]. 2019. Режим доступу: <https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt/article/view/155>
9. Treiber P. Martin, Hennecke, Ansgar, Helbing, Dirk. Congested traffic states in empirical observations and microscopic simulations. [Ел. ресурс]. 2018. Режим доступу:

https://www.researchgate.net/publication/12238483_Congested_traffic_states_in_empirical_observations_and_microscopic_simulations

10. Модель Нагеля-Шрекенберга [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://buildwiki.ru/wiki/Nagel%E2%80%93Schreckenberg_model

11. Задорожний В. Н., Завальний А.С., Шикло О. Б. Імітаційна експертиза проектів та рішення транспортних проблем. [Електронний ресурс]. 2015. Режим доступу: <http://simulation.su/uploads/files/default/2015-zadorogny-zavalny-shiklo.pdf>

12. Gazis, Herman і Rothery. Імовірнісна модель GAZIS. [Електронний ресурс]. 2015. Режим доступу: <https://bespalov.me/2014/07/07/modelyuvannya-i-ozinka-ruhu-transportnogo-potoku-zadromogoyu-povedinkovyh-modeley/>

13. Селіверстов Я.А. Моделювання управління міськими транспортними потоками в умовах непередбачуваності зовнішнього інформаційного середовища. [Електронний ресурс]. 2015. Режим доступу: <https://www.dissercat.com/content/modeli-upravleniya-gorodskimi-transportnymi-potokami-v-usloviyakh-neopredelennosti-vneshnei/>

14. Ломакін Д.В. Вдосконалення проектування лісовозних автомобілів з дослідженням неоднорідних транспортних потоків. [Електронний ресурс]. 2015. Режим доступу: <https://upload.iblock/6e5/Rukopis-Lomakin.pdf>

15. Транспортна безпека: правові та організаційні аспекти: матеріали XIV Міжн. науково-практичної конференції (в авторській редакції), (м. Кривий Ріг, 12 листопада 2019 року). Кривий Ріг, 2019. 346 с. [Електронний ресурс]. 2015. Режим доступу: <https://www.dli.donetsk.ua/lab-archive?download=529:structure-lab-archive-12-11-2019-pdf>

16. Формальчик Є.Ю., Гілевич В.В., Могила І.А. Моделювання транспортних потоків // Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020. С. 87.

17. Фото-матеріал [Електронний ресурс]. 2015. green-way.com.ua/uk/dovidniki/pdr/rozdil-14

18. Рижавський К. Є., Мартин Є.В. Спеціалізоване графічне програмне забезпечення у підготовці рятувальників // Науковий вісник МДПУ. Мелітополь: МДПУ, 2018. Вип.8. Том 1. С.38 – 45.

19. Gergovsky OI, Lyaskovska SE, Martyn EV. Information technologies in geometric modeling of technical objects // *Наук. вісн. ТДАТУ.-М.: ТДАТУ, 2020.- Вип.20. Т.3.-С.218-230.*

20. Коломієць Д. І., Ляковська С. Є., Мартин Є.В. Дослідження впливу інтернет-протоколів на передачу графічних даних через комп'ютерні

мережі // *Науковий вісник ТДАТУ.Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип.20. Том 3.С. 259-266.*

21. Тарапата Н. В., Ляковська С. Є., Мартин Є.В. Розробка програмного забезпечення для аналізу безпеки бомбосховищ // *Науковий вісник ТДАТУ.Мелітополь: ТДАТУ, 2019. Вип.9. Том 1.*

22. Яковчук В.С., Мартин Є.В. Інформаційні графічні технології у моделюванні траєкторії обгону транспортних засобів // *Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: Зб. наук. пр. XV Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів.-Львів: ЛДУ БЖД, 2021.-С.267-269.*

References:

1. Law of Ukraine "On Road Traffic". [Electronic resource]. - 2020. - Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3353-12#Text>

2. Malets, I., Popovych, V., Prydatko, O., Dominik, A. Interactive Computer Simulators in Rescuer Training and Research of their Optimal Use Indicator // Malets, I., Popovych, V., Prydatko, O., Dominik, A. Proceedings of the 2018 IEEE 2nd International Conference on Data Stream Mining and Processing, DSMP 2018, 2018, pp. 558–562.

3. Smotr, O., Ljaskovska, S., Malets, I., Karabyn, O. Increasing the animation study management services functioning efficiency // Smotr, O., Ljaskovska, S., Malets, I., Karabyn, O. Proceedings of the 2020 IEEE 3rd International Conference on Data Stream Mining and Processing, DSMP 2020, 2020, pp. 404–408.

4. Zachko O., Golovaty R. Yevdokymova A. Development of a simulation model of safety management in the projects for creating sites with mass gathering of people // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 2, no. 3 (86), pp. 15-24, 2017.

5. Smotr O. Modeling of Animator Studio Control Service Functionality Using Data Mining Tools. / O. Smotr, R. Malets, S. Ljaskovska, O. Karabyn // *Communications in Computer and Information Science*, Springer, Cham. – Vol. 1158, 2020. pp. 357-371. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61656-4_24

6. Nazarkevych M. Identification of Biometric Images Using Latent Elements / Nazarkevych M., Logoyda M., Dmytruk S., Voznyi Ya., Smotr O. // *CEUR Workshop Proceedings*. – Vol. 2488, 2019. P.99-108.

7. Sikora L., Lysa N., Tkachuk R., Sabat V., Fedevych O.. Information Technology of Risk Assessment for Automated Control Systems of Printing Production // <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/9708>.

8. Kashtanov AA, Kashtanov VA, Kashtanova AA Modeling the trajectory of the car in the study of road accidents // *Bulletin of Mechanical Engineering*

- and Transport. Vinnytsia: VNTU, 2019. [Electronic resource]. - 2019. - Access mode: <https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt/article/view/155>
9. Treiber R. Martin, Hennecke, Ansgar, Helbing, Dirk. Congested traffic states in empirical observations and microscopic simulations. [Electronic resource]. - 2018. - Access mode: https://www.researchgate.net/publication/12238483_Congested_traffic_states_in_empirical_observations_and_microscopic_simulations
10. Nagel-Schreckenberg model [Electronic resource]. - Access mode: https://buildwiki.ru/wiki/Nagel%E2%80%93Schreckenberg_model
11. Zadorozhny VN, Zavalny AS, Shiklo OB Simulation examination of projects and solutions to transport problems. [Electronic resource]. 2015. - Access mode: <http://simulation.su/uploads/files/default/2015-zadorogny-zavalny-shiklo.pdf>
12. Gazis, Herman and Rothery Probabilistic model of GAZIS. [Electronic resource]. - 2015. - Access mode: <https://bespalov.me/2014/07/07/modelyuvannya-i-ozinka-ruhu-transportnogo-potoku-za-dopomogyu-povedinkovyh-modeley/>
13. Seliverstov Ya.A. Modeling of urban traffic management in the conditions of unpredictability of the external information environment. [Electronic resource]. - 2015. - Access mode: <https://www.dissercat.com/content/modeli-upravleniya-gorodskimi-transportnymi-potokami-v-usloviyakh-neopredelennosti-vneshnei->
14. Lomakin DV Improving the design of timber vehicles with the study of heterogeneous traffic flows. [Electronic resource]. - 2015. - Access mode: <https://upload/iblock/6e5/Rukopis-Lomakin.pdf>
15. Transport safety: legal and organizational aspects: materials of the XIV International scientific-practical conference (in the author's edition), (Kryvyi Rih, November 12, 2019). Kryvyi Rih, 2019. 346 p. [Electronic resource]. - 2015. - Access mode: <https://www.dli.donetsk.ua/lab-archive?download=529:structure-lab-archive-12-11-2019-pdf>
16. Fornalchik EY, Gilevich VV, Grave IA Modeling of transport flows. // Textbook., Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House 2020. - P. 87.
17. Photo material [Electronic resource]. - 2015. - Access mode: <https://greenway.com.ua/uk/dovidniki/pdr/rozdil-14>
18. Ryzhavsky KE, Martyn EV Specialized graphic software in rescuers training Scientific herald of the Moscow State Pedagogical University. -Melitopol: Moscow State Pedagogical University, 2018.- Issue 8. Volume 1. P.38 - 45.
19. Gergovsky OI, Lyaskovska SE, Martyn EV Information technologies in geometric modeling of technical objects // Scientific Bulletin of TSATU.-Melitopol: TSATU, 2020.- Issue 20. Volume 3.-P.218-230.
20. Kolomiets DI, Lyaskovska SE, Martyn EV Research of influence of Internet protocols on transfer of graphic data through computer networks // Scientific herald of TSATU. Melitopol: TSATU, 2020.- Issue 20. Volume 3. S. 259-266.
21. Tarapata NV, Lyaskovska SE, Martyn EV Development of software for security analysis of bomb shelters // Scientific Bulletin of TSATU.-Melitopol: TSATU, 2019. - Is.9. Vol.1.
22. Yakovchuk VS, Martyn EV Information graphic technologies in modeling the trajectory // Problems and prospects of development of life safety system: Proceedings of the XV International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Cadets and Students. – Lviv: LDU BGD, 2021.-S.267-269.

© Є. В. Мартин, В. С. Яковчук,
О. В. Придатко, 2022.

Науково-методична стаття.

Надійшла до редакції 10.11.2022.

Прийнято до публікації 12.12.2022.