

РОЗДІЛ 2

ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ НА ТРАНСПОРТІ

Інтелектуальна транспортна система (ІТС) – це система, яка об'єднує в єдиний технічний і технологічний комплекс підсистеми організації руху, забезпечення безпеки [1], а також надання інформаційного сервісу для учасників та потенційних суб'єктів транспортного процесу.

Оперативним завданням ІТС є здійснення та підтримка можливості автоматизованої й автоматичної взаємодії всіх транспортних суб'єктів в реальному часі на адаптивних принципах. Ключовим в побудові ІТС [2] є комплекс шляхово-транспортної, транспортно-технологічної, транспортно-сервісної та інформаційної інфраструктури.

Фактично цей комплекс представляється як сукупність підсистем, в якій передбачена функція диспетчерського, оперативного та ситуаційного координування взаємодії залучених служб, відомств та інших суб'єктів. Для організації такої взаємодії необхідно створювати регіональні диспетчерські центри.

Побудова ІТС неможливо без розробки та реалізації проектних рішень по формуванню середовища (комплексу) зв'язку [3], що враховує всі види зв'язкової взаємодії, від провідних (високо-швидкісні оптоволоконні мережі), до бездротових (стандарти зв'язку, доступні від операторів стільникового зв'язку; радіо- й транкінговий зв'язок, інтернет).

Прийняття рішень з проектування, будівництва та розширення ІТС має спиратися на наукові принципи визначення та моніторингу індикаторів ефективності підсистем ІТС в системі інтересів регіону (за параметрами функціонування транспортної системи), а також споживачів інформаційних та інших послуг, що надаються опосередковано через ІТС.

2.1 Бортові системи на рухомому складі

2.1.1 Автомобільний транспорт

Сьогодні на легкових і вантажних автомобілях широко застосовуються системи для підвищення активної безпеки [4]. Це системи підвищення стійкості, такі як ABS (антиблокувальні), ESP (electronic stability control) – підвищення поперечної стійкості), Brakeassist – система допомоги при екстремому гальмуванні, а також такі системи, як adaptive cruise control (ACC) – адаптивний круїз контроль, forward collision warning (FCW) – система попередження зіткнень, lane departure warning (LDW) – система втримання в смузі руху, blind spot detection (BSD) – системи виявлення сліпої зони.

Система виявлення «сліпої зони» BLIS (Volvo) [5] складається з відеокамер, які роблять по 25 кадрів в секунду, встановлених на зовнішніх дзеркалах заднього виду та комп'ютера, який розпізнає потрапляння об'єктів в ці зони, розміром 3 x 9,5 м кожна.

У разі небезпечного зближення система запалює жовтий світлодіод в салоні – поруч з правим або лівим дзеркалом відповідно.

У той же час багато внутрішніх (закритих) систем можуть служити джерелами корисної інформації для зовнішньої інфраструктури. Наприклад, інформація про спрацювання системи автоматичного включення двірників може бути використана для уточнення прогнозів погоди [6]. Спрацювання системи ESP може сигналізувати про слизьке дорожнє покриття, а ця інформація корисна для інших учасників руху та дорожніх служб. Сам транспортний засіб є джерелом важливих даних, які можуть слугувати для багатьох інших цілей (управління міським транспортом, управління автомагістралями). Крім інформації від самого транспортного засобу можна використовувати й дані, які зберігаються в пристрої інтелектуального транспортного засобу (цифрові карти, масиви даних, що зберігаються в автокомп'ютері). Внутрішні системи інтелектуального транспортного засобу

іноді називаються також малою телематикою. Зв'язок транспортного засобу з навколишнім середовищем називається великою телематикою [7].

Система підвищення безпеки пішоходів з використанням стільникового зв'язку. У Японії перехожі та велосипедисти є учасниками ДТП в половині випадків. Ці події відбуваються в основному, коли пішоходи знаходяться в «сліпій» зоні або на вузьких дорогах і перехрестях, коли обмежена їх видимість водієм. Фірма Nissan Motor Co., Ltd і NTT DoCoMo, Inc. провели дослідження системи [8], яка визначала позицію пішохода за допомогою мобільного телефону, обладнаного GPS навігацією, а також положення автомобіля з навігаційною системою і попереджала водія про наявність пішоходів поблизу маршруту руху. Для передачі сигналів використовувалася система стільникового зв'язку.

Сервер отримує сигнали від мобільних телефонів, автомобілів, обчислює їх взаємне положення та передає оброблені дані на навігаційну систему автомобіля, попереджаючи водія. Водій отримує попередження на дисплеї та голосове повідомлення про наявність пішохода.

Крім навігаційних систем необхідно враховувати інформаційні системи. В рамках цих систем транспортний засіб приймає інформацію про актуальний стан транспорту.

Найбільш простою та найбільш поширеною є система RDS-TMC, яка, однак, надає тільки основні загальнодоступні послуги.

Інформація про транспорт надається зазвичай безкоштовно автоклубами та іншими добровільними організаціями автолюбителів. Якість інформації можна порівняти з якістю інформації радіомовлення. Перевагою системи RDS-TMC є миттєва передача інформації водієві [9].

Інформація, яка надається за допомогою платних служб, повинна містити якісні дані. Для досягнення необхідної якості транспортної інформації необхідно встановлювати датчики транспорту, здійснювати моніторинг транспортної ситуації за допомогою спеціальних вимірювальних автомобілів.

Інформаційні системи надають не тільки інформацію про транспорт [10], а й, наприклад, інформацію про вільні місця в готелі, інформацію про вільні місця на парковках. Можна припускати, що більшість інформаційних послуг надаватиметься водієві за допомогою мереж операторів мобільного телефону або за допомогою протоколу WAP.

Сигнал SOS. Нова система Volvo On call автоматично включається або при спрацюванні подушок безпеки, або при аварійному навантаженні на ремені безпеки [11]. Далі, використовуючи канали стільникового зв'язку, система посилає сигнал на пульт служби безпеки Volvo On Call. Одночасно з цим надсилаються координати автомобіля, зафіксовані вбудованою навігаційною системою GPS.

Після отримання сигналу оператор служби Volvo On Call намагається зв'язатися з водієм постраждалого автомобіля по каналу стільникового зв'язку та з'ясувати подробиці аварії. Якщо ж відповісти йому ніхто не може, він висилає на місце аварії спеціальну рятувальну групу.

Система Volvo On Call дуже надійна. Стільниковий телефон був розроблений з урахуванням можливих пошкоджень при аварії та має дублюючі антени й джерело живлення [11]. Координати автомобіля при русі постійно записуються в «чорний ящик», звідки інформація може бути взята навіть при пошкодженні системи навігації.

Системи допомоги водієві для безпечного водіння. DSSS: Driving Safety Support Systems. Ці системи допомагають водіям транспортних засобів отримати інформацію [12], яку буває важко сприйняти в ускладнених транспортних умовах (сигнали транспорту, дорожні знаки). Ця інформація може бути передана в автомобіль від дорожньо-транспортної інфраструктури з використанням сучасних технологій ІТС.

Система Smartway зменшує можливість ДТП на швидкісних магістралях. У системі використовуються датчики, комунікації «дорога-автомобіль» та інші сучасні технології ІТС, [13] для попередження водіїв про наявність заторів,

аварій на дорозі.

Система розпізнавання дорожніх знаків. Спеціальна відеокамера обробляє зображення попереду автомобіля, розпізнає дорожні знаки та проектує зображення знаку обмеження швидкості на лобове скло [14] автомобіля за допомогою «віртуального дисплея».

Нічне бачення – система нічного бачення дає можливість на підставі найсучасніших технічних рішень забезпечувати хорошу видимість у сутінках та в темноті. Основою таких систем є термокамери [15], які замість оптичного сигналу знімають дані про температуру об'єктів. Доведено, що ці системи здатні надійно розпізнавати пішохода, тварину або інші живі перешкоди. Відеоінформація та її обробка безумовно будуть основою майбутньої концепції інтелектуального автомобіля. В даний час методи обробки відеоінформації не перебувають на такому рівні, щоб можна було все відобразити в режимі реального часу. Але з огляду на швидкість розвитку техніки можна припускати, що такі системи протягом декількох років будуть нормальним оснащенням автомобілів.

Система нічного бачення з функцією визначення пішоходів компанії Toyota. В умовах поганої видимості система Night View [16] забезпечує можливість водієві побачити пішоходів, перешкоди та стан дороги перед автомобілем. Спеціальні інфрачервоні джерела світла висвітлюють невидимими для ока променями дорогу перед автомобілем. Образи, відображені інфрачервоними променями обробляються в інфрачервоній камері та показуються на рідкокристалічному дисплеї. Якщо пішохід перебуває на відстані 40-100 м, його образ виділяється на дисплеї жовтою миготливою рамкою.

Система попередження зіткнень (Pre-crash Safety System). В системі використовуються радары, які працюють на міліметрових хвилях, і камери. Радар сканує простір перед автомобілем, а електронний блок обчислює швидкість зближення з перешкодою [16] (лідуючим автомобілем). При

порушенні дистанції безпеки система попереджає водія, а при необхідності активує гальмівну систему. Якщо зіткнення неминуче – система активує переднатягувачі ременів безпеки, можуть активуватися й інші системи автомобіля для зниження можливих пошкоджень при аварії. З'являються системи з декількома радарми, скануючими простір не тільки перед автомобілем, але і на бічних виїздах на перехрестя, попереджаючи про можливість фронтально-бокового зіткнення. Радар, встановлений ззаду, активує управління сидіннями в автомобілі, встановлюючи їх в найбільш безпечне положення, для зниження тяжкості наслідків ймовірної аварії з транспортним засобом, що наближається ззаду.

2.1.2. Залізничний транспорт

Цифрова трансформація зачіпає все більше різних сфер. Не стала винятком і транспортна галузь, де з'являються нові завдання в управлінні логістикою та експлуатації інфраструктури. Розвиток технологій штучного інтелекту – драйвер транспортної галузі [18]. Транспортним підприємствам необхідно розвивати цифрові та інтелектуальні технології в управлінні залізничними перевезеннями, локомотивобудуванні, управлінні депо та ремонтними цехами, моніторингу стану доріг, виявленні пішоходів або об'єктів в недозволених місцях, автономному водінні, хмарних сервісах [19]. Це лише деякі приклади застосування штучного інтелекту на залізничному транспорті. Можливості штучного інтелекту дозволяють компаніям більш ефективно прогнозувати попит і вибудовувати ланцюги поставок з мінімальними витратами. Штучний інтелект допомагає скоротити кількість використовуваних транспортних засобів, необхідних для перевезення, оптимізувати час доставки, знизити експлуатаційні витрати транспорту та складських приміщень.

Великим попитом у транспортній сфері користуються технології прогнозування, предиктивної аналітики [20]. Уже зараз накопичено колосальний обсяг даних для оцінки стану експлуатованих одиниць, виявлення

зародження та розвитку аномалій і трендів, що призводять до незапланованих порушень в роботі, фіксації ймовірності відмови та залишкового ресурсу в режимі реального часу роботи. Точне прогнозування технічного та якісного стану дозволяє підприємствам транспортної галузі скорочувати витрати на експлуатацію обладнання, рекламаційне обслуговування та підвищувати конкурентоспроможність.

У світовій практиці набувають все більшого поширення інтелектуальні залізничні системи [21]. Потужний імпульс їхньому розвитку надали сучасні інструменти, такі як гібридні моделі, штучний інтелект, машинне глибоке навчання та інші. Дані технології дозволяють оптимізувати транспортні ресурси, тим самим підвищуючи ефективність перевезень.

У багатьох розвинених країнах в даний час розвиток транспорту базується на проектуванні рухомого складу нового покоління та впровадженні транспортним комплексом інтелектуальних керуючих систем [22]. Причому впровадження комплексних систем із застосуванням штучного інтелекту актуально для всіх видів транспорту.

Метою створення інтелектуальної системи є підвищення ефективності експлуатаційної роботи, а також клієнтоорієнтованості компанії. Функціонал системи включає всі існуючі горизонти планування перевізного процесу, від річного та місячного планування до диспетчерського планування пропуску поїздів. При цьому системи автоматизують наскрізні технологічні процеси для дирекцій управління рухом, тяги, інфраструктури та центру фірмового транспортного обслуговування. Рішення задач планування, узгодження та контролю виконання здійснюється за допомогою мережі взаємодіючих динамічних планувальників інтелектуальних програмно-апаратних модулів [23].

За допомогою даних технологій передбачається зменшити відсоток аварійності на залізницях. Це досягається за рахунок:

- виявлення об'єктів (люди, семафори, шляхи, стрілки);

- збір та обробка поточної інформації в процесі руху;
- своєчасне оповіщення машиніста про небезпеку;
- самостійні рекомендовані дії системи у разі відсутності реагування машиніста.

Також компанії розробляють ряд інноваційних рішень для поїздів. Найбільш важливі розробки, засновані на штучному інтелекті, що пройшли випробування:

- віртуальний помічник маневрового диспетчера. Застосовується з метою зниження часу простою вагонів на сортувальних станціях до 20% [24];
- цифровий помічник для маневрового диспетчера. Застосовується з метою управління самою сортувальною станцією;
- штучні нейронні мережі. Призначені для планування роботи залізничної сортувальної станції [25];
- безпілотні технології та управління на потягах [26];
- квантова мережа. Застосовується для безпечної передачі даних.

Одним з новаторів виступає компанія GE Transportation, яка спеціалізується на розробці та виробництві технологічних установок і транспортних засобів, заснованих на технології штучного інтелекту. У програму входить ряд проектів створення «розумних» локомотивів [27]. Вони дозволяють підвищити коефіцієнт ефективності використання залізниць до 25% завдяки вдосконаленій технічній оснащеності. Головний елемент – мобільні центри обробки даних, пов'язані з сенсорами та високочастотними камерами.

Компанія Skylo Technologies також виступає одним з гравців на ринку новітніх технологій. Включає плани по розробці глобальної вузькосмугової мережі IoT для збору та обробки даних за допомогою автоматизованих пристроїв [20]. У числі інновацій система Skylo Hub, портативні інтегровані супутникові приймачі та концентратори IoT. На основі власної операційної системи компанія створила цифрову антену, яка передає отримані дані з датчиків поїздів за допомогою супутникової телекомунікації.

Індійські залізниці також вступили в технологічну еру ШІ. Так, йде впровадження міток радіочастотної ідентифікації для двигунів і вагонів [28].

На сьогоднішній день визначилися деякі тенденції в галузі застосування штучних технологій в залізничному транспорті.

Цифрові технології та інтернет речей (IoT) – це переваги (можливості) використання включають запобігання сходу поїздів з рейок в результаті зсуву шляхів і температурних коливань за допомогою належного контролю. Проектуються «розумні» рейки та станції, які дозволять в майбутньому коригувати рух поїздів, з подальшим підвищенням їх ефективності.

RFID-система – це система інтелектуального моніторингу та управління, яка використовує в роботі радіосигнали з RFID-мітками [29]. За допомогою RFID-системи здійснюється перевірка безпеки та оновлень на поточний момент і стеження за температурним режимом. В результаті відбувається моніторинг стану та обліку місця розташування кожного вагона в будь-який час, що забезпечує підвищення збереження вантажів.

«Розумні» або інтелектуальні верфі – це технології, які відстежують записи складу, стан і дефекти обладнання та складових елементів поїздів [30]. Оптимізує укомплектування персоналом та точної об'єктивної оцінки пошкоджень. У результаті підвищується продуктивність роботи рухомого складу, безпека проходження, скорочується час обороту вагонів.

Водневий двигун забезпечує нульовий рівень викидів використовуваного палива в атмосферу, тим самим створюючи найбільш сприятливе екологічне середовище для людини. Країни Європи, Азії, Америки почали активно проводити дослідження в даній сфері як орієнтир для технології майбутнього [31].

Гібридний локомотив: «гібридність» полягає в поєднанні технологій і цифровізації. Передбачається, що керувати локомотивом можна буде онлайн, на основі телеметричних даних і технології машинного зору. Робота проводиться за допомогою вбудованих елементів, таких як оптичні камери,

лідар, ультразвукові датчики, обчислювальні блоки обробки даних. Результатом є економія дизельного палива до 30%, завдяки чому продовжується життєвий цикл накопичувача. Також важливо відзначити позитивний вплив на стан екології.

Не стало винятком застосування штучного інтелекту в сфері безпеки залізничного транспорту.

Інтелектуальний аналіз відеозображень може істотно оптимізувати роботу всієї служби безпеки залізничного транспорту [32]. Основне завдання, яке ставиться перед відеоспостереженням, – це запобігання різних інцидентів безпеки, таких як проникнення стороннього на об'єкт, розкрадання, знаходження в забороненій зоні.

Безпека на залізничному транспорті – одна з головних задач галузі. Важливу роль можуть надати застосовувані системи відеоспостереження. В даний час можна стверджувати, що для запобігання «позаштатних» ситуацій необхідно, щоб дані системи були не тільки сучасними, але й «інтелектуальними». Відомо, що до основних цілей і завдань штучного інтелекту належать:

– створення експертних систем, які здатні показати та продемонструвати розумну поведінку: вчитися, показувати, пояснювати та давати поради;

– реалізація людського інтелекту в електронних машинах, тобто створення такої техніки, яка має здатність розуміти, думати, вчити та вести себе як людина.

Унаслідок зіткнень поїздів, сходження з рейок та інших аналогічних аварій залізничні переїзди першими потрапили в фокус уваги. В галузі прийняли рішення розробити таку програму безпеки, яка була б здатна вести безперервне спостереження за транспортними об'єктами та виключала б існування так званих «сліпих зон». Система безпеки має можливість отримувати чітке зображення від тепловізійних камер незалежно від погодних умов і часу доби. Зображення з камер обробляється інструментами

відеоаналітики. У фахівців з безпеки з'являється можливість проявити оперативне реагування на виникаючі позаштатні обставини з метою запобігання аварій, різних збоїв або дій зловмисників.

У той же час варто відзначити, що стежити тільки за поточною обстановкою на вокзалах і станціях недостатньо. Для запобігання злочинів потрібно аналізувати також небезпечні інциденти, звертатися до архівів баз даних, формувати бази даних порушників. Для надання допомоги буде потрібно вже досконала система відеоспостереження принципово іншого рівня – інтелектуальна. Саме вона стане найбільш ефективною та продуктивною для запобігання злочинів.

У даний час інтелектуальні системи відеоспостереження на залізничному транспорті мають в своєму розпорядженні інтелектуальний детектор подій [33], який здатний визначати об'єкт і його властивості, наприклад, габарити, швидкість, траєкторію та напрямок руху, а також фіксувати вкрадені або залишені предмети. Детектор працює, активується безпосередньо в IP-камері або кодєрі та доступний для всіх операторів в системі. Після того як детектор виявляє подію, він передає тривожний сигнал в систему, де є можливість прийняти рішення на виконання необхідної реакції.

2.1.3 Авіаційний транспорт

При підготовці польоту літального апарату (ЛА) або групи літальних апаратів (літаків, вертольотів) завжди ставиться генеральне завдання вильоту (ГЗВ) та призначаються ролі (ранги) ЛА в групі [34]. В процесі виконання польоту в кожен поточний момент часу на будь-якому ЛА групи за допомогою алгоритмів діяльності екіпажу (АДЕ) та алгоритмів, реалізованих в бортових цифрових обчислювальних машинах (БЦОМ-алгоритмів), вирішуються завдання трьох глобальних рівнів управління (ГлРУ):

- завдання оперативного визначення мети (I-ГлРУ – перший глобальний рівень управління);

- завдання визначення раціонального способу досягнення оперативної поставленої мети (II- ГлРУ – другий глобальний рівень управління);

- завдання реалізації прийнятого способу досягнення оперативної поставленої мети (III- ГлРУ – третій глобальний рівень управління).

Завдання I-ГлРУ і II-ГлРУ, які називають тактичними, завжди вирішуються екіпажем ЛА.

На необхідність підтримки БЦОМ-алгоритмами процесу рішення завдань екіпажем вказувалося в численних публікаціях, зокрема в роботах [35-37]. Ці комп'ютерні системи повинні виробляти та пред'являти екіпажу (на інформаційно-керуюче поле кабіни (ІКП)) рекомендації по способу оперативного вирішення завдання, яке несподівано виникло в польоті ЛА.

Інтелектуальні системи, які вирішують завдання I-ГлРУ, працюють на всіх етапах польоту ЛА. Вони повинні інформацією та рекомендаціями підтримувати такі складові процесу вирішення цих завдань екіпажами ЛА: обачність екіпажу, ситуаційну обізнаність екіпажу, ситуаційну впевненість екіпажу.

Опис цих складові (табл. 2.1).

Обачність екіпажу забезпечується пред'явленням йому на ІУП кабіни потенційних загроз цілісності ЛА або виконання ним заданої ГЗВ. Для цього на ІУП створюється інформаційна модель зовнішньої та внутрішньої бортової ситуації з зазначенням потенційних загроз. Модель реалізується БЦОМ-алгоритмами інтегральної/комплексної обробки первинної інформації, що надходить від бортових вимірювальних систем, і БЦОМ-алгоритмами розпізнавання виявлених потенційних загроз з класифікацією їх за типом. Робота таких БЦОМ-алгоритмів не вимагає ні діалогових процедур з екіпажем, ні інформації від нього з ІУП.

Ситуаційна обізнаність екіпажу забезпечується інтелектуальною інформаційною системою «Ситуаційна обізнаність екіпажу» (ІВС СОЕ). Ця система серед потенційних загроз, виділених в бортовій інформаційній моделі

зовнішньої та внутрішньобортової обстановки, визначає ті, які безпосередньо загрожують виконанню поточного етапу польоту ЛА або цілісності ЛА. Назвемо їх безпосередніми загрозами (НУГ).

Таблиця 2.1 – Складові рішення задачі оперативного визначення мети

Складові завдання оперативного визначення мети	БЦОМ-алгоритми забезпечення процесу вирішення задачі оперативного визначення мети	Інформація екіпажу на ІУП, яка надається БЦОМ-алгоритмами	Участь екіпажу в роботі БЦОМ-алгоритмів, які забезпечують вирішення задачі оперативного визначення мети
Обачність	Алгоритми інтегральної обробки первинної інформації Алгоритми виділення потенційних загроз	Інформаційна модель зовнішньої і внутрішньобортової обстановки Потенційні загрози в інформаційній моделі зовнішньої та внутрішньобортової обстановки	Немає Немає
Ситуаційна обізнаність	ІВС СОЕ	НУГ в інформаційній моделі зовнішньої та внутрішньобортової обстановки	Немає
Ситуаційна впевненість	БОСЕС-цілепокладання	Рекомендована поточна мета польоту ЛА (рекомендована ТС)	1. Підтвердження НУГ. 2. Кількісна оцінка ситуації, що склалася

Виявлені НУГ надаються екіпажу на ІУП кабіни ЛА в інформаційній моделі зовнішньої та внутрішньобортової обстановки. Екіпаж використовує інформацію з ІВС СОЕ для рішення завдання оперативного визначення мети відповідно до виконуваної генерального завданням вильоту і рангом ЛА в групі. Робота ІВС СОЕ також не вимагає ні діалогових процедур з екіпажем, ні інформації від нього з ІУП.

Ситуаційна впевненість екіпажу забезпечується бортовою оперативною

інформацією, що рекомендується експертною системою оперативного визначення мети (БОСЕС-цілепокладання). Вона при появі безпосередньої зовнішньої та внутрішньобортової загрози успішному виконанню польотного завдання завчасно пред'являє екіпажу на ІУП рекомендацію по поточній меті польоту ЛА. Ця рекомендація узгоджена з виконуваним ГЗВ і виділеною екіпажем НУГ, що надійшла з ІВС СОЕ [38]. Фрагменти таких рекомендацій екіпажу за нової мети польоту з'являються на деяких ЛА в ситуації, коли виникають безпосередні загрози.

База знань ІВС СОЕ складається з трьох блоків: блоку спостереження потенційних загроз, блоку виділення безпосередніх загроз, блоку класифікації безпосередніх загроз.

Блок спостереження потенційних загроз отримує від бортових інформаційних засобів, від БЦОМ-алгоритмів інтегральної/комплексної обробки інформації, всі виявлені потенційні загрози:

- 1) зовнішні загрози;
- 2) внутрішньобортові загрози;
- 3) загрози недостатності бортових коштів, що витрачаються.

У табл. 2.2 і 2.3 показані деякі загрози з перерахованих типів і бортові пристрої, які можуть виявляти відповідну загрозу [39]. Зазвичай для потенційних загроз інженери здійснюють експертну оцінку часу, який необхідний екіпажу для прийняття рішень про можливість і тип протидії загрозі. Ця оцінка може використовуватися в блоці виділення безпосередніх загроз.

Виявлені безпосередні загрози передаються в блок класифікації виділених загроз, де відбувається їх класифікація та ранжування по моментам настання «точок неповернення».

Приклад визначення «точки неповернення» в ситуації відмови двигунів вертольоту. У разі зупинки двигунів вертоліт може опуститися на землю на авторотуючому гвинті. В цьому режимі зазвичай виникає дуже велика

швидкість зниження. Для її зменшення при підході до землі давно пропонувався дуже простий прийом «Підрив»: перед самим ударом об землю льотчик різко збільшує крок несучого гвинта. Це створює додаткову підйомну силу, що гальмує спуск вертольоту.

Несучий гвинт є як би акумулятором енергії, і цю енергію можна витратити для гальмування спуску. Гвинт при цьому швидко втрачає свої обороти, і ефект гальмування зникає. Тому прийомом «Підрив» слід користуватися на кінцевій ділянці зниження, забезпечивши мінімальну швидкість зниження в момент торкання землі.

Спрощена математична модель розвитку цієї потенційної загрози при наступних припущеннях:

- зниження вертольоту на режимі авторотації відбувається без горизонтального переміщення, швидкості спуску;

- після виконання «підриву» виникає додаткова підйомна сила, яка повідомляє вертольоту постійне гальмуюче прискорення, що забезпечує достатню для спуску вертольоту швидкість;

- при торканні землі допустима швидкість вертольоту повинна бути не більше встановленої, яка визначається міцністю шасі вертольоту;

- бортовий радіовисотомір (РВ) постійно вимірює поточну висоту вертольоту НРР щодо поверхні землі.

Тоді визначення «точки неповернення» (залишок часу до підриву) для НУГ «Зупинка двигуна» здійснюється наступним чином:

потрібне гальмує прискорення

$$\alpha_{\Pi} = \frac{v_{авт} - v_{дон}}{t_{\Pi}}; \quad (2.1)$$

висота підриву

$$H_{подр} = v_{авт} \cdot t_{\Pi} - \alpha_{\Pi} \frac{t_{\Pi}^2}{2} = \frac{t_{\Pi}}{2} (v_{авт} + v_{дон}); \quad (2.2)$$

залишок часу до підриву

$$t = \frac{H_{PB} - H_{подр}}{V_{авт}}; \quad (2.3)$$

Математична модель розглянутої безпосередньої загрози використовується в базі знань ІВС СОЕ-вертольоту для розрахунку «точки неповернення» і передачі її в «Блок класифікації безпосередніх загроз».

Блок класифікації безпосередніх загроз. У блоці для подальшого вирішення завдання оперативного визначення мети в ІВС СОЕ повинна бути виконана класифікація НУГ [40].

Зовнішні загрози:

- при виконанні польоту групою вертольотів/одним вертольотом можуть виникати загрози, що впливають на якість виконання вертольотом ГЗВ, загрози опікуваного їм іншого об'єкта або команда з зовнішнього джерела, яка пропонує змінити/скорегувати виконувану ГЗВ. При цьому момент виявлення загрози забезпечує резерв часу екіпажу на осмислення ситуації і на вироблення рішення на протидію загрози;

- загрози цілісності вертольоту, момент виникнення яких забезпечує екіпажу вказаний вище резерв часу;

- загрози цілісності вертольоту, момент виникнення яких не забезпечує екіпажу вказаний вище резерв часу;

Внутрішньобортові загрози:

- при виконанні польоту виникають загрози, що впливають на якість виконання ГЗВ самим вертольотом. При цьому момент виявлення загрози забезпечує екіпажу вказаний вище резерв часу;

- загрози цілісності вертольоту та здоров'ю його екіпажу, момент виникнення яких забезпечує екіпажу вказаний вище резерв часу;

- загрози цілісності вертольоту та здоров'ю його екіпажу, момент виникнення яких не забезпечує екіпажу вказаний вище резерв часу.

ІВС СОЕ класифікує загрози, виділяючи зазначені вище типи зовнішніх і внутрішньо-бортових загроз.

У табл. 2.2, 2.3 наведені приклади класифікації деяких зовнішніх загроз (табл. 2.2), внутрішньобортових загроз (табл. 2.3). Окремим стовпцем в таблицях відзначені бортові засоби інструментального виявлення названих загроз та експертні оцінки часу, необхідного екіпажу для прийняття відповідного рішення.

Таблиця 2.2 – Зовнішні загрози

№ п/п	Загрози	Бортові засоби інструментального виявлення	Оцінка часу, який необхідний екіпажу для прийняття рішення
1	Маршрут проходить через зони небезпечної метео-ситуації	Радіолокаційна станція (РЛС)	Від 4 с
2	Неприпустима близькість до забороненої зони польоту, кордони якої задані за допомогою ІУП	БЦОМ	Від 4 с
3	Небезпечне зближення з землею	Радіовисотомір (РВ)	Від 4 с
4	Небезпечне зближення з іншим ЛА при одиночному польоті	Система запобігання зіткнень (TCAS)	Від 4 с
5	Небезпечне скорочення дистанції між ЛА при польоті в групі	TCAS	Від 4 с
6	Небезпека зіткнення з перешкодою	РЛС	Від 4 с

Таблиця 2.3 – Внутрішньобортові загрози

№ п/п	Загрози	Бортові засоби інструментального виявлення	Оцінка часу, який необхідний екіпажу для прийняття рішення
1	Підвищена вібрація вертольоту	Датчики вібрації	Від 4 с
2	Стружка в редукторі	Сигналізатор стружки	Від 2 с
3	Неприпустима температура мастила в редукторі	Сигналізатори температури	Від 2 с
4	Неприпустимий тиск мастила в редукторі	Сигналізатор тиску мастила	Від 2 с
5	Відмова двигуна	Система реєстрації стану двигуна	Від 4 с
6	Режим «Вихрове кільце»	БЦОМ	Від 4 с

На бортах існуючих вертольотів можна зустріти фрагменти бази знань системи ІВС-СОЕ вертольоту, що виділяють тільки певний тип загроз.

2.1.4 Водний транспорт

Системи автоматизованого управління (САУ) суднових систем класифікують за різними ознаками, виходячи з їх призначення, принципу дії, динамічних властивостей [41].

Класифікація систем управління судна починається з верхнього ієрархічного рівня управління – автоматизованої системи управління (АСУ) судна та закінчується нижнім – локальними САУ (рис. 2.1).

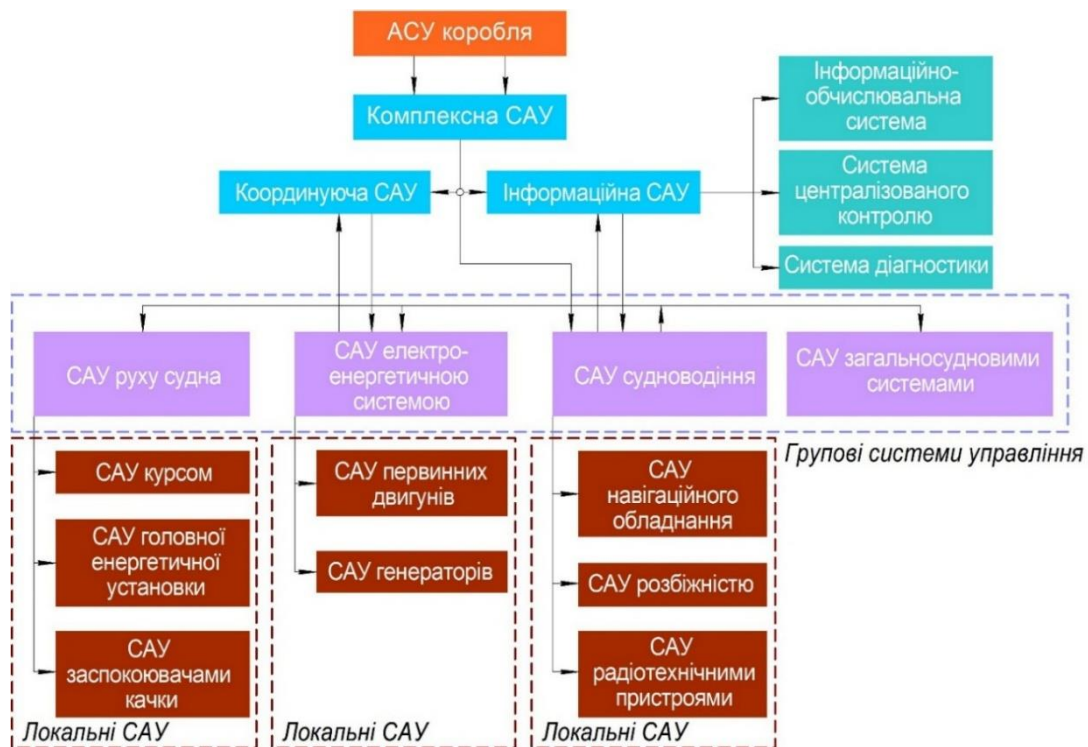


Рисунок 2.1 – Блок-схема систем управління судном

Така класифікація враховує не тільки призначення окремих систем управління та функціональних комплексів, їх інформаційну взаємодію, але також підпорядкованість і координованість всіх систем управління на судні.

Єдина система управління, що забезпечує управління всіма технічними

засобами судна, представляє собою комплексну систему управління судном. Аналогічно – єдина система управління, що забезпечує управління САУ судна, представляє собою комплексну систему управління.

До технічних засобів судна відносять об'єкти, які виконують такі функції [42]:

1. руху, маневрування та стабілізації координат судна як рухомого об'єкта;
2. забезпечення енергією різних судових споживачів;
3. функціонування судового устаткування, пристроїв і механізмів;
4. навігації та зв'язку, а також забезпечення живучості та населеності судна.

На транспортних, промислових та інших судах до технічних засобів відносяться, крім того, технологічне обладнання засобів цільового призначення – засоби видобутку та переробки сировини, навантаження, розвантаження та зберігання вантажів.

Комплексна САУ об'єднує [43] координуючу, інформаційну та групові системи управління. На них покладено різні завдання. Координуюча САУ забезпечує координацію процесів управління технічними засобами судна. Інформаційна САУ виконує різні види оперативного контролю стану технічних засобів, з сигналізацією аварійних режимів, їх реєстрацією та технічним діагностуванням. Прикладами інформаційних САУ є інформаційно-обчислювальна система, система централізованого контролю та система діагностики. До складу групових САУ входять системи управління об'єктами, призначеними для виконання спільного завдання судна – здійснення транспортного процесу. Прикладами таких систем є система управління рухом судна, що забезпечує узгоджену взаємодію технічних засобів: рульових пристроїв, рушіїв, заспокоювачів качки, системи управління електроенергетичною системою.

Системи, що забезпечують безпосереднє виконання технічних і

технологічних операцій, відносяться до групи локальних САУ, що входять до складу відповідних групових САУ. Локальні САУ знаходяться на нижньому рівні ієрархічної структури, але вони також виконують самостійні функції та можуть бути автономними.

Наприклад, локальними в САУ рухом судна є системи управління курсом, головною енергетичною установкою, заспокоювачами хитання. До групових САУ електроенергетичною установкою відносяться системи управління генераторами, призначені для регулювання напруги в судновій електроенергетичній системі, і системи управління первинними двигунами.

Важливою складовою частиною будь-якої САУ є керований об'єкт – технічний пристрій або сукупність пристроїв, пов'язаних єдністю технічних процесів або єдністю вирішуваних завдань, які потребують спеціально організованих зовнішніх впливів для досягнення заданих цілей функціонування.

До судових керованих об'єктів належать: судно, головна енергетична установка (що представляють собою сукупність технічних пристроїв), а також окремі технічні пристрої, такі як турбогенератор, холодильна машина, рульовий пристрій.

Будь-яку систему управління, в тому числі судову, можна представити у вигляді взаємодіючих між собою частин: пристрою, що управляє, перетворювача енергії, керованого об'єкта та інформаційно-вимірювальної системи.

Складність керуючого пристрою, що залежить як від складності розв'язуваної задачі управління, так і від складності керованого об'єкта, багато в чому визначає насиченість САУ інформаційно-вимірювальними засобами [44].

За наявності основного зворотного зв'язку САУ діляться на замкнуті та розімкнуті системи. Регулювання за принципом відхилення регульованої величини можливо в тому випадку, якщо вихід об'єкта пов'язаний з входом

регулятора. Такі системи називають замкнутими. Тобто, в замкнутих системах регулюючий вплив залежить від результату його впливу на об'єкт. Це дозволяє підвищити точність регулювання. У розімкнених системах регулюючий вплив не залежить від результату його впливу на об'єкт, тобто від регульованої величини. Розірвані системи, як правило, менш складні по влаштуванню, ніж замкнуті. Разом з тим, виконувані ними функції більш прості, ніж функції замкнутих систем.

До розімкнених систем відносяться системи контролю. Така система (рис. 2.2) складається з об'єкта, вимірювального, підсилювального елементів і реєструючого пристрою. За допомогою цієї системи здійснюється контроль над роботою установки, і, в разі несправності останньої, оператор впливає на об'єкт. Таким чином, оператор виконує роль головного елемента системи зворотного зв'язку.

За наявності посилення в лінії передачі керуючого впливу САУ діляться на системи прямої та непрямой дії. В системі прямої дії вимірювальний елемент регулятора безпосередньо впливає на регулюючий орган об'єкта. Якщо вимірювальний орган не в змозі розвинути потужність, достатню для швидкої зміни положення регулюючого органу, застосовується система непрямого управління, в якій сигнал від вимірювального елемента посилюється в підсилювачі за рахунок додаткових джерел енергії.

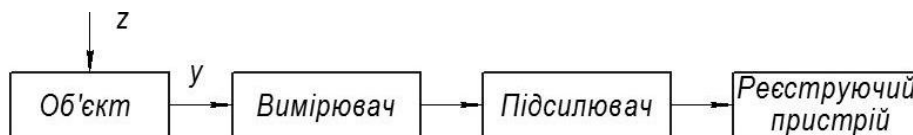


Рисунок 2.2 – Структурна схема системи контролю

За характером зв'язку між окремими елементами САУ діляться на системи безперервного та періодичного управління [44]. В системі регулювання безперервної дії зміні вхідної величини відповідає безперервна зміна вихідних величин всіх ланок. Прикладом системи безперервного регулювання може

служити система регулювання рівня води в ємності. Системи регулювання, у яких хоча б в одному елементі виконуються розриви зміни вихідних величин при безперервному зміні вхідного впливу, називаються переривчастими.

Залежно від того, якою є ланка, в якій порушується безперервність, ці системи діляться на дві групи: імпульсні і релейні [45]. В імпульсних системах безперервний сигнал, що йде, як правило, з вимірювального елемента, перетворюється в ряд коротких імпульсів шляхом короткочасного підключення виходу вимірювального елемента, чим вдається забезпечити його високу чутливість. До імпульсних систем відносяться також системи управління, що включають цифрові машини. Релейні системи – це системи, в яких міститься хоча б один релейний елемент, що перетворює безперервну зміну вихідної величини в ступінчастий сигнал.

Залежно від алгоритму управління системи діляться на системи стабілізації, що стежать, і програмного регулювання. Системи стабілізації призначені для підтримки регульованих величин в заданих межах. Найбільшого поширення вони набули в енергетичних установках. Ці системи, в свою чергу, можна поділити на статичні та динамічні. Статичною системою автоматичного регулювання називається система [46], яка з допустимою помилкою відтворює на виході вхідну величину. Регульована величина в такому випадку називається відомою, а вхідна величина – провідною або командним (керуючим) сигналом. За принципом статичної системи працюють системи дистанційного керування найрізноманітнішими об'єктами, системи телеуправління, тобто управління на далекій відстані.

Системи автоматичного регулювання, в яких регульована величина змінюється за певним, заздалегідь заданим в часі законом, називаються системами програмного регулювання. Так, наприклад, регулювання частоти обертання ДГ при пуску може відбуватися за певною програмою, яка передбачає роботу холодного дизеля на малих обертах до його прогріву з подальшим збільшенням числа оборотів до номінального значення.

Залежно від характеру виконуваних функцій розрізняють наступні САУ [47]: системи автоматичного регулювання, дистанційного автоматизованого або програмного керування, автоматичного захисту та блокування, автоматичної сигналізації та контролю. Для перетворення енергії об'єкта управління необхідно підтримувати деякі величини або постійними, або змінними за певними залежностями. Для цього використовують спеціальні засоби, які виконують свої функції без участі людини-оператора та називаються системами автоматичного регулювання (САР). Системи автоматичного регулювання, призначені для підтримки однієї величини в заданих межах, отримали назву автоматичних регуляторів. Прикладами можуть служити автоматичні регулятори частоти обертання валу дизель-генератора, рівня води в барабані котла, тиску в паровій магістралі.

Системи дистанційного керування дозволяють оператору на відстані включати та вимикати окремі механізми, частини установки або установку в цілому, змінювати режими їх роботи, впливати на регулюючі та запірні клапани [48]. Якщо оператор послідовно виконує всі операції з пульта управління, розташованого на відстані від об'єкта управління, то таку систему називають системою дистанційного керування (системою ДУ). Якщо ж людина-оператор лише задає потрібний режим з пульта управління, а всі проміжні операції управління здійснюються автоматично за заданим алгоритмом, таку систему називають системою дистанційно-автоматизованого управління (ДАУ).

Прикладом системи ДАУ служить система управління головним судновим дизелем. За допомогою важеля управління, розташованого на пульті в рульовій рубці або на центральному посту управління (ЦПУ), здійснюють пуск, зміну режимів роботи, реверс і зупинку дизеля.

Автоматичне запобігання аварійним ситуаціям забезпечують системи автоматичного захисту та блокування [49]. Ці системи призначені для зупинки механізмів при досягненні контрольованими величинами встановлених

граничних значень (відключення подачі палива в газову турбіну відбувається при перевищенні певного значення температури газу), а також для попередження можливих порушень послідовності перемикачів, здатних привести до аварії (не можна зробити реверс дизеля, поки рукоятка управління подачею палива не поставлена в положення «Стоп»).

Крім того, системи автоматичного захисту та блокування включають резервні технічні засоби, наприклад, при падінні тиску масла на лінії нагнітання масляних насосів дизеля включаються резервні електронасоси. Застосування таких систем підвищує надійність установки та спрощує її обслуговування.

Отримання інформації по зовнішній обстановці, стану об'єкта управління, визначення на основі обробки отриманих даних необхідних управлінських заходів – основні функції систем автоматизованого контролю та сигналізації. Вимірювання поточних значень контрольованих величин (тиску, температури) об'єктивно характеризують хід процесу, порівняння їх з допустимими значеннями складають інформаційне забезпечення систем автоматизованого контролю.

Для спостереження за абсолютними значеннями контрольованих величин до складу систем автоматизованого контролю входять різні інформаційні прилади, елементи пристрою, послідовно підключають ці прилади до різних датчиків, пристрою реєстрації поточних значень контрольованих величин (самописці, які друкують пристрої), перетворювачі та інші пристрої. Система автоматичної сигналізації є частиною системи автоматизованого контролю. До її складу входять різні датчики та прилади сигналізації (світлові табло, лампочки, мнемосхеми, звукові прилади), що сповіщають обслуговуючий персонал про досягнення заданих або граничних значень контрольованих величин.

Поршневі ДВС удосконалюються по цілому ряду напрямів, які обрані на основі світового досвіду розробки, доведення та експлуатації техніки двигунобудування. Одним із найважливіших шляхів розвитку сучасних ДВС та

агрегатів на їх базі є оснащення їх «розумними» (інтелектуальними) системами [50], які здійснюють функції автоматизованого або автоматичного управління, регулювання, контролю, обслуговування та захисту, автоматичної безрозбірної діагностики, адаптації двигуна (агрегату) до мінливих умов експлуатації, в тому числі по режимам навантаження та частоті обертання.

Протягом уже багатьох років фахівці галузі двигунобудування працюють над питаннями комплектації двигунів та агрегатів на їх базі системами автоматизації (в тому числі комплексними), значно скорочують витрати в експлуатації на обслуговуючий персонал, що виключають можливість роботи агрегатів в аварійних режимах, що забезпечують оптимальні температурні умови в системах охолодження та мастила, оптимальні режими при маневруванні та оперативності виконання команд, що дають можливість експлуатації агрегатів в економічних режимах.

До недавнього часу повний набір функцій систем автоматизації з ДВС складався з окремих підсистем, які вирішують ті чи інші завдання. Класичне уявлення про систему комплексної автоматизації (сьогодні це уявлення значно розширено) має на увазі [50], що ця система складається з приватних систем, що автоматизують певні процеси управління, регулювання, контролю, захисту та обслуговування, причому ці приватні системи взаємопов'язані. При побудові єдиних схем комплексної автоматизації ці зв'язки систем враховуються.

Давно встановлено, що системи автоматичного регулювання (САР) є найважливішою складовою частиною систем автоматизації та в сучасній практиці створені у вигляді автономних, пов'язаних з комплексною системою автоматизації, головним чином, через орган завдання регуляторів (програмування, дистанційне керування частотою обертання).

Більшість приватних систем, складових системи «інтелектуальної» комплексної автоматизації ДВС (агрегатів на їх базі) [51], вирішують кожна своє завдання, можуть бути розглянуті на основі загальної для них теорії дискретних систем. Під дискретними розуміються такі системи, які

складаються з пристроїв разової (стрибкоподібної) дії. В іншому випадку ці системи та пристрої, до яких вони входять, називають релейними (на відміну від дискретних систем система автоматичного регулювання частоти обертання ДВС відноситься, як відомо, до аналогових). Розрахунок, аналіз і синтез дискретних систем підкорюються своїм закономірностям, вивченням яких займається теорія релейних пристроїв і систем.

Умови експлуатації судна (стану водної поверхні, течії, напрямку та сили вітру, стану атмосфери) впливають на роботу всіх судових систем і механізмів. У штормову погоду всі системи управління працюють в напруженому режимі. Збурювання, що діють на судно, носять випадковий, непередбачуваний характер, що не може не враховуватися при проектуванні судових САУ. Вони визначають вибір методу проектування та складність реалізації керуючих пристроїв.

У Правилах Регістру [52] встановлено граничні значення зовнішніх впливів, при яких не повинна порушуватися надійність роботи засобів і пристроїв систем керування. До механічних впливів для всіх пристроїв і засобів відносяться: тривалий крен до 15° і диферент до 10° (для автоматики аварійної електричної установки одночасно тривалий крен до $22,5^\circ$ і диферент до 10°); бортова хитавиця до $22,6^\circ$, вібрація з частотою до 25 Гц і прискоренням до 5 м/с^2 (для систем автоматичного захисту – 50 Гц і 25 м/с^2); ударні струси з прискоренням до 30 м/с^2 . Рухливі контакти електричних елементів в автоматичній не повинні відключатися при бортовій хитавиці менше за 45° . Для судів з необмеженим районом плавання засоби та пристрої систем управління повинні надійно працювати при наступних атмосферних умовах: відносна вологість до $95 \pm 3\%$ при температурі $25 \pm 2^\circ \text{ C}$ і $80 \pm 3\%$ при $40 \pm 2^\circ \text{ C}$; температура повітря від 0 до 45° C в приміщеннях з джерелами тепла (двигуни, котли, парові трубопроводи і т. п.), від -30° C до $+45^\circ \text{ C}$ на відкритій палубі та в напівзакритих приміщеннях, від -10° C до $+40^\circ \text{ C}$ в решті приміщень.

Для судів з районом плавання не тропічного поясу верхня межа

температури повітря, незалежно від місця розташування апаратури, приймається 40 °С. На роботі електричних та електронних засобів автоматизації не повинні позначатися: тривале відхилення напруги в межах від 6 до 10% і короткочасне (не більше 1.5 с) – від 10 до 15%; тривале відхилення частоти в межах + 5% і короткочасне (не більше 5 с) в межах $\pm 10\%$.

2.1.5 Безпілотні системи

Відомо, що інтелектуальні технології призначені для боротьби з факторами невизначеності, що діють на систему [53] (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Приклади факторів невизначеності, що діють на систему

Види підсистем	Форми прояву невизначеностей	Джерела невизначеностей	Приклади виникнення невизначеностей
1	2	3	4
Виконавчі	Зміна коефіцієнтів і виду диференціальних рівнянь, що описують функціонування виконавчих елементів з навантаженням	Зміна кінематичних зв'язків маніпулятора; взаємний вплив ступенів рухливості; температурні зміни коефіцієнта в'язкого тертя	Зміна моментів інерції при зміні конфігурації маніпуляційного робота
	Зміна характеру нелінійних перетворень в каналі управління виконавчими механізмами	Невідповідність динамічних характеристик силових ключів й діодів захисту необхідному частотному діапазону; обмеження, пов'язані зі зміною рівня живлячої напруги; зміна коефіцієнтів сухого тертя, величини люфтів і зазорів передавальних елементів приводів	Збільшення струмів витoku діодів захисту силових транзисторів, пов'язане з їх частотними характеристиками, температурними змінами та старінням
	Збурення, приведені до валу виконавчого двигуна	Зміна моментів навантаження та тертя; взаємний вплив ступенів рухливості	Зміна маси через витрати палива в процесі руху
	Збурення, приведені до входу виконавчого двигуна	Зміна напруги живлення, зміна опору керуючих ключів (частотні, температурні, тимчасові); частотні зміни динамічного коефіцієнта передачі	Зміна опору ключів, пов'язане з їх перегрівом; стрибки напруги живлення, пов'язані з зміною навантаження в ланцюзі

Продовження табл. 2.4

1	2	3	4
Управління рухом	Відсутність апріорної інформації про здійсненності необхідних маневрів з урахуванням динамічних характеристик об'єкта управління та реальних умов його роботи	Відсутність досвіду виконання аналогічних маневрів	Рух мобільного робота з різним навантаженням по заданій криволінійній траєкторії
	Відсутність або неповнота апріорної інформації про особливості середовища функціонування і характер її зміни	Зміна середовища функціонування; неможливість вимірювання (з яких-небудь причин) всіх необхідних складових змін середовища	Планування переміщень в середовищі з рухомими перешкодами
	Різноманіття альтернативних варіантів реалізації рухів	Відсутність жорстко заданих критеріїв функціонування; відсутність досвіду виконання аналогічних маневрів	Можливість обходу перешкоди по різних траєкторіях
Планування поведінки	Неможливість формування планів досягнення поставленої мети з огляду на спільності її опису	Недостатня конкретизація постановки мети (що вимагає уточнення)	Спільність цілевказівки «Збери піраміду», в якому не вказані положення місця збірки, вид і кількість елементів
	Неможливість формування планів досягнення поставленої мети з огляду на апріорну невідомість фізичних параметрів середовища і її об'єктів	Апріорна невідомість фізичних параметрів зовнішнього середовища і її об'єктів	Відсутність апріорних даних про фізичні властивості об'єктів (масі, міцності), які виявляються при розвідці
	Неможливість формування планів досягнення поставленої мети з огляду на апріорну невідомість діючих в середовищі закономірностей	Апріорна невідомість діючих в середовищі закономірностей	Відсутність апріорних даних про фактичні причинно-наслідкові зв'язки, які проявляються при розбиранні непізнаних об'єктів, знешкодженні вибухових пристроїв

Продовження табл. 2.4

1	2	3	4
	Неможливість формування планів досягнення поставленої мети через відсутність достовірної інформації про необхідні ресурсах	Відсутність достовірної інформації про необхідні ресурсах	Відсутність достовірних даних про фактичну витрату палива безпілотного літального апарату, що здійснює політ в умовах незапланованої погодної обстановки
	Різноманіття альтернативних варіантів реалізації поставленої мети	Неоднозначність вирішення завдання по досягненню поставленої мети; занадто загальний критерій функціонування	Можливість досягнення поставленої мети на основі різних сценаріїв поведінки при складанні піраміди з набору кубиків
Інформаційно-вимірювальні	Дискретний характер інформаційного сигналу (як по амплітуді, так і за часом)	Низька розрядність цифрових датчиків; низька швидкість обробки інформації	Керування автономними мобільними роботами, БПЛА та іншими рухомими об'єктами за інформацією від GPS (з частотою опитування 1 Гц)
	Недостатня точність датчиків інформаційно-вимірювальної підсистеми	Великі похибки (конструктивні і методичні) і низька роздільна здатність датчиків	Управління автономними мобільними роботами, БПЛА та іншими рухомими об'єктами за інформацією від GPS (з точністю визначення координат на плані +3 ... 5 м, по висоті ± 20 м)
	Кліматична і тимчасова нестабільність вихідного сигналу датчиків (дрейф і відходи)	Конструктивні особливості побудови датчиків	Обчислення навігаційної інформації на основі показань малогабаритних напівпровідникових приладів зі значеннями тимчасових доглядів до декількох десятків кілометрів, що накопичуються за годину
	Суперечливість показників датчиків	Різні точності, дрейф і частоти опитування	Різниця показань GPS і інерційної навігаційної системи

Вони мають цілком реальний фізичний зміст і можуть виникати в виконавчих підсистемах, при управлінні рухом, при плануванні поведінки, при обробці різнорідної, а іноді й суперечливої інформації. Якщо на виконавчому рівні частину проблем можна вирішити за рахунок застосування адаптивних методів управління [54], то на інших рівнях альтернативи інтелектуальним технологіям немає. Автономність та інтелектуальність стають синонімами.

Бортовій системі управління мобільного об'єкта на тлі дії зазначених факторів невизначеності доводиться вирішувати такі ключові завдання: постановка та коригування мети управління; формування та коригування програми дій; формування алгоритму управління (структурна і/або параметрична настройка регулятора).

Досить очевидно, що зазначені завдання можуть бути вирішені тільки за рахунок залучення інтелектуальних технологій. При цьому інтелектуальні системи автоматичного управління (ІСАУ) необхідно будувати, використовуючи такі базові положення [55]:

- принцип ситуаційного управління;
- ієрархічний принцип побудови, що передбачає наявність в загальному випадку виконавчого, тактичного та стратегічного рівнів управління та інформаційно-вимірювальної підсистеми;
- інтеграція різних інтелектуальних технологій (експертних систем, нейромережевих структур, нечіткої логіки та асоціативної пам'яті) при реалізації управління на різних рівнях ієрархії;
- адекватність ступеня інтелектуальності системи впливу факторів невизначеності.

Що стосується перших трьох принципів, то вони досить добре обговорювалися в літературі [56-57]. Більшість розробників розуміють, що для вирішення завдання управління на базі технологій обробки знань альтернативи методу ситуаційного управління немає, і що комбінація інтелектуальних технологій визначається технічними вимогами до ІСАУ на відповідному рівні

ієрархії управління.

Більш детально розглянуто та обґрунтовано четвертий принцип [58], який має далеко не тільки науково-методичне або термінологічне значення, а й важливе практичне значення, оскільки дозволяє замовнику та розробнику однаково трактувати ту чи іншу систему, її функціональні можливості, а, відповідно, визначати терміни та вартість розробки. Схема, наведена на рис. 2.3, відповідає тим ключовим завданням, які перераховані, і показує адекватність ступеня інтелектуальності бортової системи управління діючим на неї факторам невизначеності.



Рисунок 2.3 – Адекватність ступеня інтелектуальності бортової системи управління факторам невизначеності

Якщо фактори невизначеності такі, що їх можна усунути підстроюванням регулятора (алгоритму) та зробити це за рахунок інтелектуального контуру, що включає базу знань і механізм логічного вибору, то цю систему слід називати інтелектуальною в малому. Якщо потрібно змінити програму дій і, відповідно, підключити блок самонавчання (і прогноз), то це буде система, інтелектуальна в великому. Якщо система сама здатна коригувати мету управління (активно працюють блоки прогнозу та самонавчання), то ця система називається інтелектуальною в цілому.

Розвиток технології обробки знань для вирішення завдань управління вимагає більш детальної класифікації завдань за рівнями ієрархії інтелектуального керування. Особливо слід відзначити, що до завдань стратегічного рівня останнім часом все частіше та цілком обґрунтовано відносять планування групової взаємодії автономних об'єктів та організацію людино-машинного інтерфейсу. Основні теоретичні результати наведені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Теоретичні рівні для створення інтелектуальних систем управління автономними мобільними об'єктами

Рівні ієрархії інтелектуального управління	Методи і алгоритми
Стратегічний рівень	<ul style="list-style-type: none"> - Алгоритми планування поведінки на основі аналізу фреймообразних сценаріїв - Алгоритми узагальнення накопиченого досвіду на основі індуктивної логіки Мілля - Алгоритми автоматичної настройки та самонавчання на основі методів еволюційного програмування та імовірнісних моделей
Тактичний рівень	<ul style="list-style-type: none"> - Алгоритми планування переміщень, інваріантні до кінематичній схемі об'єкта - Алгоритми обходу перешкод - Алгоритми динамічної розв'язки багатоланкових механізмів на основі технології асоціативної пам'яті
Виконавчий рівень	<p>Принципи побудови та програмно-алгоритмічне забезпечення системи управління приводами на основі технологій: нечіткої логіки, нейронних мереж, асоціативної пам'яті, що забезпечують:</p> <ul style="list-style-type: none"> - високу точність; - оптимальне швидкодію; - необхідні принципи функціонування; - економію енергоспоживання
Інформаційно-вимірювальний рівень	<ul style="list-style-type: none"> - Алгоритми збору, обробки різномірної суперечливою неповної інформації на основі технології нечіткої логіки - Алгоритми розпізнавання образів на основі нейронних мереж - Алгоритми розпізнавання образів на основі комплексного застосування нечіткої логіки та рядів Уолша - Алгоритми діагностики об'єкта на основі технології експертних систем - Алгоритми параметричної та функціональної ідентифікації на основі нейронних мереж
Людино-машинний інтерфейс	Алгоритми смислової інтерпретації фраз природної мови на основі технології фреймів образних структур
Планування групової взаємодії	<ul style="list-style-type: none"> - Алгоритми обробки сценаріїв поведінки - Алгоритми цілерозподілення

Разом з тим необхідно відзначити деякі складнощі, пов'язані зі створенням інтелектуальних систем управління для автономних міні-і мікрооб'єктів:

- незважаючи на те, що почався випуск окремих навігаційних датчиків, існує гостра необхідність у створенні комплексної безплатформної малогабаритної навігаційної системи, що забезпечує вимір кутів орієнтації, визначення геомагнітного курсу, швидкості та пройденого шляху з високою точністю;

- відсутні малогабаритні бортові пристрої, що забезпечують повний цикл обробки відеоінформації, необхідний не тільки для передачі її оператору, а й для організації контура зворотного зв'язку в системі управління. По суті потрібна гамма інтелектуальних відеокамер, здатних підтримувати функціональні вимоги, що пред'являються до інтелектуальних (у великому або в цілому) системам управління автономними об'єктами;

- з огляду на загальну тенденцію створення цифрових бортових систем [59], що мають очевидні переваги перед аналоговими, необхідне створення датчиків з цифровим виходом і виконавчих пристроїв з цифровим виходом. Оскільки інтелектуальні системи управління автономними мобільними робототехнічними засобами вимагають комплексного різноманітного інформаційного забезпечення та припускають організацію керуючих впливів відповідно до обґрунтованої ієрархії управління, то в якості уніфікованої бази для передачі цифрових інформаційних і керуючих сигналів може розглядатися така перспективна технологія, як CAN, що дозволяє обробляти до 250 датчиків і виконавчих пристроїв, та ефективно застосовується як у нас в країні, так і за кордоном. Така концепція побудови архітектури інтелектуальної бортової системи забезпечить реалізацію єдиного уніфікованого підходу до створення бортових систем для широкого спектру мобільних об'єктів. Відкритим по суті залишається питання про створення гами цифрових перетворювачів, інтегрованих в єдиному корпусі з датчиками та виконавчими пристроями.

Розуміючи можливість, реальність і перспективи створення ІСАУ, необхідно передбачати розвиток засобів інструментальної підтримки процесів їх автоматизованого проектування. Приклади таких рішень стосуються створення інтелектуальних регуляторів для приводів, для управління рухом мобільних роботів, для проектування нейрорегулятора.

Створення автономних об'єктів, здатних функціонувати в широкому спектрі зміни зовнішніх умов, вимагає розробки нових підходів до побудови тренажерних і випробувальних систем. Наприклад, випробування безпілотної техніки безперспективні без створення спеціальних стендів, побудованих із застосуванням технологій віртуальної реальності, в яку може «занурюватися» об'єкт. Такий підхід дозволяє змінювати умови польоту, забезпечуючи режими, максимально наближені до реальних, вивчати поведінку безпілотної літального апарату на спеціальному моніторі, а також вивчати та документувати реакцію системи управління в процесі польоту за рахунок застосування спеціальних програмних засобів.

2.2 Системи управління рухом

Інтелектуальні транспортні системи є основою сучасної концепції управління транспортом. Вони слугують засобом подолання інформаційних бар'єрів і проблеми «великих даних». Функціонування ІТС вимагає застосування різних видів забезпечення [60]: інтелектуальне, математичне, лінгвістичне, інформаційне, когнітивне, технологічне. Управління з впровадженням ІТС полягає в реалізації функцій, що підтримують певний режим діяльності складної організаційно-технічної системи. Інтелектуальні транспортні системи відносяться до класу адаптивних систем, які зберігають працездатність при непередбачених змінах станів керованого об'єкта або навколишнього середовища шляхом зміни алгоритму функціонування, програми поведінки або пошуку оптимальних, в деяких випадках просто

ефективних, рішень і станів. Інтелектуальні транспортні системи, як системи інтелектуальні, відносяться до гібридних інтелектуальних систем, в яких для вирішення завдання використовується більше одного методу імітації інтелектуальної діяльності людини. Інтелектуальні транспортні системи по архітектурі є розподіленими системами. ІТС керують безліччю об'єктів та окремими об'єктами на основі організації та застосування єдиного інформаційного простору в різних масштабах.

2.2.1 Моніторингові системи

У якості основної технології для моніторингу транспорту в цей момент застосовуються супутникове позиціонування [61].

У даний час розроблено, впроваджено та знаходиться в експлуатації досить велика кількість різновидів супутникових систем моніторингу та управління транспортом.

При цьому, на перший погляд, всі вони використовують один принцип і мають практично однакові функції. Разом з тим є цілий ряд істотних відмінностей, як в конструктивному виконанні основних компонентів, так і в програмному забезпеченні та схемах практичної реалізації.

У загальному вигляді система моніторингу транспорту являє собою програмно-апаратний комплекс [62], що складається з п'яти основних частин – ідентифікаційної, контрольної-діагностичної, навігаційної, обчислювально-аналітичної та комунікаційної.

Ідентифікаційна частина – це пристрої та функціональні модулі, що відповідають за ідентифікацію ТЗ, включаючи основні вузли, агрегати та оператора.

Контрольно-діагностична частина включає пристрої та функціональні модулі бортової системи контролю, діагностики та реєстрації параметрів і подій в координатах часу.

Навігаційна частина – це все, що відповідає за визначення часу,

координат місця розташування ТС, швидкості, пройденого шляху та інших параметрів руху [63]. Невід'ємна складова навігаційної частини – супутниковий приймач GPS із вбудованою або зовнішньою антеною.

Обчислювально-аналітична та комунікаційна частини системи включають бортові пристрої та функціональні модулі обміну цифровою інформацією, аналітики, дротової та бездротової передачі даних.

Зазначені частини дозволяють автоматично збирати, аналізувати та передавати бортовим і зовнішнім пристроям значення експлуатаційних параметрів ТЗ: витрата палива, відомості про роботу двигуна та інших вузлів і агрегатів ТЗ, їх технічний стан. Для збору даних про експлуатаційні параметри зазвичай до терміналу GPS підключаються електричні ланцюги живлення бортової мережі, датчики штатного електроустаткування ТЗ, виконавчі механізми та різні додаткові пристрої.

Існує кілька десятків варіантів схем реалізації та роботи СМТ [64], які можна класифікувати за основними ознаками:

- використовуваним глобальним супутниковим навігаційним системам для отримання навігаційної інформації (GPS, ГЛОНАСС або комбінований варіант GPS / ГЛОНАСС);

- використовуваним на ТЗ терміналам GPS, наприклад, з вбудованими функціональними модулями аналітики, формування та передачі на сервер телематичних послуг тільки коректних поточних параметрів, даних лічильників, зареєстрованих подій і додатково сформованих бортових звітів, і без додатково вбудованих функціональних модулів (з передачею на сервер просто поточних параметрів або так званих «сирих даних» без аналізу та обробки);

- використовуваним типам телематичних серверів (комутаційно-аналітичний), у якому, крім баз даних (БД), велика кількість користувачів-клієнтів і стандартне серверне ПЗ (СПЗ), додаткове потужне аналітичне ПЗ (АПЗ) для різних груп клієнтів; типовий комутаційний сервер колективного

користування з передачею клієнтам через Інтернет необроблених «сирих» даних, отриманих від терміналів; корпоративний сервер або ПК підприємства зі спеціалізованим для конкретних груп користувачів клієнтським ПЗ з функціями аналітики та використання картографічної інформації;

- використовуваним способом передачі телематичної інформації з терміналу GPS споживачеві (бездротовий спосіб віддаленого доступу з використанням технологій мережі GSM-операторів та Інтернет в режимі On-line, бездротовий малого радіусу дії (з використанням Wi-Fi, Bluetooth) і контактний (зі зчитуванням даних з терміналу (об'єкта) адміністратором або клієнтом в режимі Off-line шляхом контактного підключення спеціального переносного контактного пристрою незалежної пам'яті або ПК і подальшим перенесенням даних для обробки та аналізу на сервер або стаціонарний комп'ютер диспетчера або оператора з передвстановленим спеціалізованим клієнтським ПЗ).

Основні завдання, які вирішуються сучасними системами моніторингу транспорту і реалізовані на практиці: розташування і маршрут руху, облік часу роботи машини, витрати палива і режимів роботи двигуна, додаткового обладнання, стилю та якості .

Супутниковий моніторинг транспорту надійно забезпечує оперативний контроль місцезнаходження та експлуатаційних параметрів техніки. Місцезнаходження машин і їх поточні параметри роботи в режимі реального часу відображаються на карті місцевості. Координати машини визначаються з точністю від 5 до 20 м [65]. Цього достатньо для вичерпного аналізу роботи машин.

Контроль маршруту руху і витрати палива кожної транспортної одиниці в процесі роботи дозволяє кардинально знижувати витрати на утримання машин.

Рентабельність роботи підприємства може підвищитися на 30-40%. Економічний ефект досягається за рахунок виключення розкрань і оптимізації маршрутів руху ТЗ.

Найбільш ефективним і практично єдиним способом коректного контролю місця розташування ТС і маршруту його руху є застосування систем моніторингу транспорту з використанням технологій GPS [66], які дозволяють, одночасно з координатами, реєструвати час і основні параметри роботи та руху ТЗ з подальшим виведенням результатів за обраний період на екран монітор або на друк для проведення аналізу.

Неефективне використання техніки також пов'язано з нераціональним плануванням маршрутів, низьким завантаженням, необґрунтованими простоями машин, з працюючим двигуном.

Час роботи та відпочинку водіїв машин строго регламентується керівниками підприємств відповідно до законодавства про працю.

Функція обліку часу роботи особливо корисна, коли списання палива здійснюється за машино-години, і важливим є врахування фактично відпрацьованого часу.

Контроль часу роботи техніки поряд з контролем місця розташування та маршруту руху дозволяє керівникам виключити порушення графіка її роботи, а також нецільове її використання або простої. Таким чином, праця водіїв оплачується в суворій відповідності з фактично відпрацьованим часом та виконаною корисною працею.

Економічний ефект при цьому досягається за рахунок зменшення часу простоїв і нецільового використання техніки, підвищення продуктивності праці та оплати персоналу за фактично відпрацьований час.

Облік часу і режимів роботи АТС дозволяє своєчасно виявляти реальне напруження двигуна, порушення режимів його експлуатації, і проводити необхідне сервісне обслуговування. Тим самим, забезпечується збільшення терміну служби техніки і зниження матеріальних витрат на її обслуговування і ремонт.

Стиль керування транспортними засобами в основному залежить від вродженого темпераменту оператора, його професіоналізму та зовнішніх

чинників (часу доби, погодних умов і інше).

Стиль і якість управління в значній мірі позначаються як на виробленні ресурсу вузлів і агрегатів так і на витраті палива.

2.2.2 Системи позиціонування

Останнім часом все ширше використовуються, на транспорті і в комунікаціях, географічні інформаційні системи [67]. Це обумовлено тим, що об'єкти інфраструктури, як правило, розкидані по великій території і/або самі мають значну протяжність. І для їх повноцінного моделювання в даних потрібні також і геометричні характеристики. Крім того, геоінформаційні системи є дуже корисними для реалізації послуг, вироблених інфраструктурою: пошук найкоротшого шляху, транспортна логістика, планування маршрутів пасажирського транспорту.

Географічні інформаційні системи дозволяють також врахувати чинники навколишнього середовища. Адже об'єкти і транспортної, і комунікаційної інфраструктури існують в оточенні інших об'єктів і явищ території, на якій вони розташовані; їх тривале життя не може обійтися без взаємодії з факторами навколишнього середовища, як природними, так і антропогенними. Часто ці фактори бувають несприятливі [68]: руйнівні зсуви, повені та урагани, менш шкідлива, але усюдисуща рослинність; діяльність інших осіб – від змін прав власності та будівництва, що створюють передумови об'єктів до незаконних дій, до вандалізму і крадіжок. Облік, аналіз і прогнозування ризиків від факторів навколишнього середовища практично неможливий простим способом, тут важливий просторовий контекст: близькість впливаючих об'єктів, проходження через небезпечні зони, доступність для аварійних бригад.

Тісна інтеграція технологій реляційних баз даних і геоінформаційних систем дозволила зв'язати в одній системі функції і обліку, і просторово-часового аналізу. Завдяки цьому стало можливим не тільки враховувати зовнішні чинники, а й взагалі всебічно моделювати функціонування

інфраструктури, аж до управління її об'єктами в режимі реального часу. Додавання можливостей мережевої публікації даних, функцій і цілих додатків вивело цю інтегровану технологію на якісно новий рівень, необхідний для створення корпоративних систем.

Транспортно-комунікаційна інфраструктура [69] характеризується рядом особливостей, які необхідно враховувати при моделюванні. Перш за все, це з'єднання фізичного і логічного (мережевого) уявлень. Кожен компонент є одночасно і об'єктом на місцевості зі своїми фізичними характеристиками, і функціональною одиницею мережі. Поєднання цих властивостей реалізується у вигляді так званої геометричної мережі, кожен об'єкт якої є одночасно і просторовим об'єктом на карті, і функціональним елементом графа. Завдяки цьому в одній базі геоданих поєднується картографічне і схематичне уявлення, між якими можна переходити без будь-яких перетворень даних.

Так само необхідно враховувати лінійні координати. Дуже зручним способом ідентифікації будь-якого місця на лінійному об'єкті є вказівка його назви або номера та зміщення від його початку. Оскільки це такий же фундаментальний спосіб вказівки місць розташування, як і географічні координати, його підтримка є необхідною для інтелектуальних систем позиціонування, тому реалізація підтримки одночасно і географічних координат (наприклад, одержувані з приймачів GPS), і лінійних (у вигляді пікетажа і кілометражу) обов'язкова. Причому і ті, й інші можуть представлятися в різних системах координат в номінальному і фактичному кілометраж. Така різноманітність необхідна, щоб кожен фахівець міг працювати з тими координатами, які йому зручні або які історично використовуються на підприємстві для різних завдань.

Підтримка множинних систем лінійних координат пов'язана з так званою динамічною сегментацією [70], що дозволяє на основі базового опису мережі будувати безліч накладених описів. Це дуже ціно для будь-якого виду послуг, реалізованих мережею. Для транспортної інфраструктури це пасажирські і

вантажні перевезення, поштовий зв'язок, навігація – все, що реалізується на одній і тій же фізичній транспортній мережі. Для комунікаційної інфраструктури – голосовий зв'язок, телерадіомовлення, передача даних, маршрутизація, контроль топології. Для моделювання мережі і управління нею динамічна сегментація дає можливість фіксації безлічі шарів подій, як в сенсі того, що відбувається в реальному світі, так і в сенсі точок зміни властивостей лінійних об'єктів мережі або їх оточення.

Необхідна підтримка множинних версій даних. Це дозволяє не тільки вести історію станів мережі, але і створювати сценарії різних варіантів розвитку з метою вибору найкращого з них. Завдяки цьому проектувальник може призвести від поточної версії бази геоданих дві дочірні [71] і в кожній з них зробити якісь зміни для аналізу і порівняння результатів. Наприклад, можна «побудувати» новий міст в одній версії, а в іншій – «модернізувати» наявні шляхи.

Таким чином, система позиціонування дозволяє провести глибоку автоматизацію бізнес-процесів транспортних і комунікаційних компаній і організацій. Засоби моделювання даних дозволяють детально описати об'єкти інфраструктури, суб'єкти діяльності і існуючі між ними взаємодії. А кошти для аналізу – оптимізувати діяльність підприємства і підвищити його ефективність.

2.2.3 Системи безпеки

Інтелектуальні системи транспортної безпеки (ІСТБ) – це системи, що використовують нові інформаційні технології і технічні засоби, які забезпечують необхідний і достатній рівень безпеки транспортних систем, транспортних засобів і транспортної інфраструктури з метою забезпечення необхідного комфорту перевезення пасажирів і якості переміщення вантажів [72].

ІСТБ повинна бути підсистемою ІТС або на початковому етапі бути автономною системою, а потім у міру вдосконалення ІТС увійти до її складу.

Безпека транспортної галузі нерозривно пов'язана з безпекою пасажирів, тому інтелектуалізація повинна носити комплексний характер і в числі іншого повинна вирішувати завдання інформування учасників руху про стан транспортної мережі, а відповідні служби – про виникнення аварій і катастроф, порушень вимог безпеки. Оперативне надходження інформація допоможе швидко усувати загрози і проблеми, а учасники руху, користуючись нею, зможуть вибирати оптимальні маршрути.

Одним з найважливіших завдань є впровадження автоматизованих систем управління. На основі існуючого світового досвіду можна виділити дві основні схеми створення АСУ. Відповідно до першої існує єдиний центр, який акумулює всю інформацію і вже з центру в автоматичному режимі надходять сигнали по адаптивному регулюванню. Друга полягає в незалежній роботі інтелектуальних елементів по автоматично обраним алгоритмам з урахуванням дорожньої ситуації та інформації від датчиків з сусідніх елементів [73].

Також важливим елементом транспортної безпеки повинні стати ТПВ (транспортно-пересадочні вузли). Завдання ТПВ – забезпечити безпеку та оптимізувати потоки пасажирів шляхом перерозподілу між різними видами транспорту. Це позитивно позначається на загальній безпеці пересування населення. ТПВ повинні поєднувати в собі такі елементи: парковку, автовокзал, залізничний вокзал (станцію), станцію метро, торговий центр і локальну інформаційно-керуючу систему, як правило, пов'язану з центральною ІТС (і / або ІСТБ) міста або регіону.

В економічно розвинених країнах інтелектуальні транспортні системи давно існують і ефективно працюють [74]. Наприклад, в столиці Японії інформацію по всьому міському транспорті акумулюють 17 тис. інфрачервоних датчиків, які передають всю інформацію в Центр управління транспортом міста, підвідомчий токійській поліції. У приміщенні центру на стіні встановлено величезний інформаційний дисплей висотою 5 метрів і шириною

25 метрів. У режимі реального часу на цьому гігантському електронному табло відображається вся транспортна ситуація в місті – інформація надходить в центр щохвилини [75].

Також в Центрі управління токійською транспортною системою встановлені монітори, на яких відображається інформація, яка надходить з відеокамер, розміщених по всьому периметру токійської транспортної системи. У японській столиці немає ділянки доріг, яку б не покривала сучасна система відеоспостереження. При цьому в приміщенні центру за всією ситуацією в місті спостерігають всього чотири поліцейських.

Метою роботи такої системи є:

1. Збір, обробка, зберігання та візуалізація вихідних транспортних, містобудівних і соціально-економічних даних.

2. Моделювання транспортної системи в існуючій ситуації і на прогностичні періоди з метою розрахунку обсягів пасажиропотоків, інтенсивності та умов руху всіх видів транспорту в транспортній мережі, розрахунку сценаріїв «що буде, якщо ...», опрацювання варіантів оптимізації робота-транспортера, оцінки роботи транспортної мережі та проектів з розвитку транспортної інфраструктури.

3. Підвищення оперативності обробки інформації та прийняття рішень в області забезпечення безпеки в місті.

Як видно з прикладу ІСТБ в Токіо використання адаптивних технологій дозволить істотно знизити кількість загиблих і постраждалих від пригод на транспорті, техногенних транспортних аварій і катастроф, що, безумовно, зменшить втрати економіки, підвищить ефективність транспортного комплексу.

2.2.4 Інформаційні системи

Бурхливий розвиток нової техніки і технологій, особливо в сфері інформаційних систем і технологій, робототехніки, сучасних засобів комунікацій, передачі та обробки інформації [76] дозволяє здійснювати їх

стрімке впровадження в транспорт.

Цифрова економіка та логістика, цифровізації транспортного комплексу, до недавнього часу сприймалися як щось далеке від реальності, сьогодні вже є частиною сучасних бізнес-процесів і на практиці доводять свою ефективність.

Уже сьогодні існує чимало різнофункціональних систем. Перш за все це:

- центри управління рухом;
- інформаційні системи оповіщення учасників дорожнього руху;
- системи отримання і обробки інформації;
- телеметричні пристрої та системи;
- інформаційні системи про транспортні засоби;
- системи управління мультимодальних перевезень;
- системи визначення геопозиції;
- системи відеоспостереження та контролю;
- системи відеоспостереження за дорожніми роботами.

Транспортний засіб забезпечено, як вбудованими інтелектуальними системами управління та системами, що забезпечують безпеку автоматизованого управління і охорони об'єкта, так і автономними пристроями зв'язку, прийому та обробки інформації. Оператору і пасажиром, під час руху надаються мультимедійні послуги, виводячи пересування абсолютно на новий рівень, підвищуючи комфорт, але, з іншого боку, відволікаючи та зменшуючи безпеку [77]. У великих містах і населених пунктах транспорт функціонує в умовах підвищеного електромагнітного поля і високого рівня перешкод різної фізичної природи, також виникають проблеми, викликані електромагнітною сумісністю різних працюючих електронних пристроїв [78]. При використанні автоматизованих транспортних засобів та безпілотного транспорту це стає однією з головних проблем. На транспортних шляхах потрібне створення і підтримання екологічного інформаційного середовища (екосередовища), що забезпечує безпечне кіберфізичну взаємодію транспорту та об'єктів транспортної інфраструктури.

Процес впровадження ІТС в більшості випадках йде хаотично, безсистемно. Відсутність єдиних стандартів привела до тому, що ІТС вже неможливо інтегрувати в одну систему, і все доводиться перебудовувати. Тому необхідні стандарти, що можливо лише у випадку створення єдиної цифрової платформи транспортного комплексу (ЄЦПТК).

ЄЦПТК призначена для:

- формування нової якості цифрових сервісів управління транспортно-логістичними потоками на міжнародних транспортних коридорах;
- інтеграції існуючих інформаційних ресурсів транспортної галузі та переходу галузі на безпаперовий цифровий супровід;
- комплексного моніторингу об'єктів транспортної інфраструктури пасажирських і вантажних перевезень;
- створення та підтримки цифрових стандартів на транспорті, що підтримують нормативно-правову базу;
- координації та синхронізації взаємодії з вантажовідправниками, Укрзалізниця, морськими портами, аеропортами, власниками терміналів і іншими господарюючими суб'єктами транспортного комплексу.

Висновки до розділу

Розробки та розгортання ІТС – це потенційно ефективний, конкурентоспроможний, інноваційний бізнес і стимул розвитку нового високотехнологічного сектора промисловості.

Відмінною особливістю сучасних ІТС є зміна статусу транспортної одиниці від незалежного, самостійного та в значній мірі непередбачуваного суб'єкта руху до «активного», передбачуваного суб'єкта транспортно-інформаційного простору. У цьому напрямку одним із ключових завдань є розвиток інфраструктури. Розвиток ІТС методологічно базується на системному підході, формуючи ІТС саме як систему, а не як окремі модулі (сервіси). Підходи до створення ІТС ґрунтуються на принципах модернізації та

реінжинірингу діючих транспортних систем. Світова спільнота протягом тривалого часу створює та впроваджує інтелектуальні транспортні системи та їх елементи.

Список використаних джерел

1. Zear Aditi, Pradeep Kumar Singh and Yashwant Singh Intelligent transport system: a progressive review. *Indian Journal of Science and Technology*. 2016. Vol .9 (32). P 1–8.

2. Зінько Р.В., Маковейчук О.М. Принципи формування інтелектуальної транспортної системи. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2007. Т. 17. №. 6. С. 280–285.

3. Сорока С.І., Плотніков Є.О., Плаксина М.А., Солдатенко Б.Ф. Особливості оптимізації маршрутів транспортних потоків в умовах інтелектуальної транспортної системи. *Логістичне управління та безпека руху на транспорті* : наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти та молодих вчених / відп. ред. Н.Б. Чернецька-Білецька. Сєверодонецьк : СНУ ім. В. Даля, 2020. С. 152–155.

4. Hendriks F., Pelders R., Tideman M. Future testing of active safety systems. *SAE International Journal of Passenger Cars-Electronic and Electrical Systems*. 2010. Т. 3. №. 2010-01-2334. – С. 170–175.

5. Piccinini G. F. B. Driver's behavioural adaptation to the use of Advanced Cruise Control (ACC) and Blind Spot Information System (BLIS): Universidade do Porto (Portugal), 2014. URL: <https://www.proquest.com/openview/0f752d370fec900e06c53e49dd2a3101/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366>

6. Van Zanten A. T. et al. Evolution of electronic control systems for improving the vehicle dynamic behavior. *Proceedings of the 6th International Symposium on Advanced Vehicle Control*. 2002. Т. 2. №. 2. С. 9.

7. Лёвин Б.А., Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Транспортные кибер-физические системы. *Наука и технологии железных дорог*. 2017. Т. 1. №. 3.

C. 3–15.

8. Fukushima M., Yasuhara S. Development of a cellular-based pedestrian traffic safety support system. *16th ITS World Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services ITS America ERTICO ITS Japan*. 2009. P.29–37.

9. Rehborn H., Palmer J. Using ASDA and FOTO to generate RDS/TMC traffic messages. *Traffic Engineering & Control*. 2008. URL: <https://trid.trb.org/view/869281>

10. Тесля Н.Н. Принципы построения интеллектуальных транспортных систем для обеспечения инфомобильности. *Информатика и автоматизация*. 2014. № 37. С. 21–36.

11. Berggren Jennie and Frida Hagelberg. Volvo within reach-Investigating the user experience of Volvo On Call and exploring opportunities for future development. *MS thesis*. 2016. 145 p.

12. Kilicier Ç. A. Ğ. L. A. R. and Ersen Yilmaz. A Driver Safety Support System Which Detects Traffic Lights. *JOURNAL OF POLYTECHNIC-POLITEKNIK DERGISI*. 2018. cilt.21, sa.2, P.419–426

13. Chiatula Chukwuemeka, et al. The Smart Way. *2019 IEEE PES/IAS PowerAfrica. IEEE*. 2019. P. 152–165.

14. Фастовець Є.Р. Система розпізнавання дорожніх знаків на основі нейронної мережі : дис. КПП ім. Ігоря Сікорського, 2019. С.69.

15. Кобзев А.В. Система ночного видення. *Інновації технічних рішень в машиностроєнні і транспорті: збірник статей III Всеросійської науково-технічної конференції для молодих учених і студентів з міжнародним участям / МНЦПГАУ. Пенза:РІОПГАУ,2017. С. 62–66.*

16. Prajana A.M. Visual analysis of product placement in the nkcthi web series on toyota indonesia youtube channel. *In Proceeding International Conference on Multimedia, Architecture, and Design,(2020, October. Vol. 1. P. 309–314.*

17. Moon J., Bae I. & Kim S. A pre-crash safety system for an occupant sitting on a backward facing seat for fully automated vehicles in frontal crashes. *In*

2017 *IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety (ICVES)*, 2017, June. P. 168–171.

18. Піжук О.І. Штучний інтелект як один із ключових драйверів цифрової трансформації економіки. *Економіка, управління та адміністрування*. 2019. № 3 (89). С. 41–46.

19. Kaewunruen S. & Lian Q. Digital twin aided sustainability-based lifecycle management for railway turnout systems. *Journal of Cleaner Production*. 2019. № 228. P. 1537–1551.

20. Епрынцева Н.А. Искусственный интеллект для железнодорожного транспорта. *Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах*. 2021. № 1. С. 100–104.

21. Устюжанина Е.В., Сигарев А.В., Шеин Р.А. Цифровая экономика как новая парадигма экономического развития. *National Interests: Priorities and Security*. 2017. vol. 13, iss. 10. P. 1788–1804.

22. Колінько К.Г. Інноваційний розвиток залізничних пасажирських перевезень : дипломна робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра : спец. 073 – менеджмент / наук. керівник Т.Ю. Чаркіна ; Дніпров. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В.А. Лазаряна. Дніпро, 2020. 95 с.

23. Tang H., Li D., Wan J., Imran M. & Shoaib M. A reconfigurable method for intelligent manufacturing based on industrial cloud and edge intelligence. *IEEE Internet of Things Journal*. 2019. № 7(5). P. 4248–4259.

24. Zhang H. & Sun Q. An integrated MCDM approach to train derailment risk response strategy selection. *Symmetry*. 2020. № 12(1). P. 47.

25. Lum M.J., et al., TeleRobotic fundamentals of laparoscopic surgery (FLS): effects of time delay – pilot study. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2008. P. 5597-600.

26. Попов П. А. Беспилотные поезда: основные принципы работы. *Железнодорожный транспорт*. 2019. № 8. С. 36–38.

27. Singhal V., Jain S.S. & Parida M. Train sound level detection system at

unmanned railway level crossings. *European Transport\Trasporti Europei*. 2018. № 68(3). P. 1–18.

28. Ломотько Д.В., Примаченко Г.О. Методологічний підхід до формалізації процесу функціонування динамічних мультимодальних транспортних систем. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2021. Т. 26. №. 1. С. 30–37.

29. Herrojo C., Mata-Contreras J., Nunez A., Paredes F., Ramon E., & Martin F. Near-field chipless-RFID system with high data capacity for security and authentication applications. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*. 2017. № 65(12), P. 5298–5308.

30. Min Y., Xiao B., Dang J., Yue B., & Cheng T. Real time detection system for rail surface defects based on machine vision. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*. 2018 (1). P. 1–11.

31. D'Ovidio G., Ometto A. & Valentini O. A novel predictive power flow control strategy for hydrogen city rail train. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2020. № 45(7), P. 4922–4931.

32. Жуковицький І.В., Скалозуб В.В., Устенко А.Б. Інтелектуальні засоби управління парками технічних систем залізничного транспорту : монографія. Дніпро : Стандарт-Сервіс, 2018. 190 с.

33. Ковалев А.Р. Проектирование системы охранного видеонаблюдения на горно-рудном предприятии АО «Лебединский ГОК» компании ООО «Металлоинвест». Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 2019. С.55.

34. Li G. & Baker S.P. Crash risk in general aviation. *Jama*. 2007. № 297(14). P. 1596–1598.

35. EHEST HE 11 Training Leaflet – Teaching and Testing in Flight Simulation Training Devices (FSTD) (Отработка и проверка подготовки по аварийным и нештатным процедурам на вертолетах). URL: <https://easa.europa.eu/HE11>

36. Колисниченко А.В., Федунів Б.Е. Бортовая интеллектуальная информационная система «Ситуационная осведомленность экипажа вертолета». *Мехатроника, автоматизация, управление*. 2016. Т. 17. №. 10. С. 703–708.

37. Mikhaïlenko V.S., Kharchenko R.Yu. Analysis of traditional and neuro-fuzzy adaptive system of controlling the primary steam temperature in the direct flow steam generators in TPS. *Automatic Control and Computer Sciences*. Riga, 2014. Vol. 48. No. 6. P. 334–344.

38. Миргород В.Ф., Гвоздева І.М., Ковтун А.І. Удосконалення характеристик суднових систем автоматичного управління за допомогою застосування ланок із дробовим показником інтегрального перетворення. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика», 24.11.2020 - 25.11.2020. Одеса: НУ «ОМА», 2020. С. 205–208.

39. Ginn H.L., Santi E., Langland B., Ferraro A., Arrua S. & Abdollahi H. Incorporation of control systems in early stage conceptual ship designs. *In 2017 IEEE Electric Ship Technologies Symposium (ESTS)*, 2017, August. P. 1–8.

40. Nagrath I.J. Control systems engineering. *New Age International*. 2006.

41. Sørensen A.J. Structural issues in the design and operation of marine control systems. *Annual Reviews in Control*. 2005. № 29(1). P. 125–149.

42. Liu S., Xing B., Li B. & Gu M. Ship information system: overview and research trends. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*. 2014. № 6(3). P. 670–684.

43. Казімірова В.В., Можєв М.О., Кузьменко В.Є. Особистості моделювання передачі інформації у комп'ютерній мережі системи автоматичної ідентифікації суден. *Системи обробки інформації*. 2014. №. 7. С. 83–88.

44. Zong Y., Wang J.H., & Liu W.T. Design of the Automatic Management of Ship's Engine Room Based on the Ethernet [J]. *Journal of East China Shipbuilding*

Institute (Natural Science Edition). 2004. № 1. P. 81–90.

45. Bakalar G. & Baggini M.B. Automated remote method and system for monitoring performance of ballast water treatment system operation on ships. In 2016 International Symposium ELMAR, 2016, September. P. 229–232.

46. Гриняк В.М. и др. Цифровое представление и комплексная оценка навигационной безопасности движения на морских акваториях. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2020. Т. 8. №. 1. С. 40–41.

47. Надеев А.И., Нгок Б.Х., Свирепов Ф.В. Интеллектуальное управление судовым двигателем внутреннего сгорания с учетом диагностики состояния оборудования. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология*. 2011. №. 1. С. 45–50.

48. Красюк А.Б., Чистов, В.Б. Методологические основы дефектации стальных корпусов судов. *Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала СО Макарова*. 2013. № 3 (19), С. 87–93.

49. Zhou Y., Tang Y. & Zhao X. A novel uncertainty management approach for air combat situation assessment based on improved belief entropy. *Entropy*. 2019. № 21(5). P. 495.

50. Болкуневич В.О. Підвищення стійкості системи керування робототехнічною системою : дис. КПІ Ім. Ігоря Сікорського, 2019. С.79.

51. Кожевников В.В. и др. Нейросетевые технологии построения интеллектуальных систем управления роботами. *Ученые записки УлГУ. Серия: Математика и информационные технологии*. 2019. №. 2. С. 36–53.

52. Макаров И.М., Лохин В.М., Манько С.В., Романов М.П. Создание интеллектуальных систем автоматизации и управления на основе современных информационных технологий. *Мехатроника, автоматизация и управление*. 2007. No 4. С. 13–20.

53. Santoso F., Garratt M.A. & Anavatti S.G. State-of-the-art intelligent flight control systems in unmanned aerial vehicles. *IEEE Transactions on Automation*

Science and Engineering. 2017. № 15(2). P. 613–627.

54. Buele J., Quilumba D., Ilvis D.I., Saá F., & Salazar F.W. Carwash Station Prototype with Automatic Payment Using Intelligent Control Systems. *In International Conference on Applied Technologies*. Springer, Cham, 2020, December. P. 236–249.

55. Самойленко О.В., Богославец С.О., Самойленко Н.М. Обґрунтування шляхів інтеграції безпілотних авіаційних комплексів в автоматизовані системи управління військами за стандартами НАТО. *Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту авіації*. 2019. Вип. 15 (22). С. 93–98.

56. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В.В. Аулін, А.В. Гриньків, А.О. Головатий та ін. ; під заг. ред. В.В. Ауліна. Кропивницький: Лисенко В. Ф., 2020, 428с.

57. Злобина И.С.; Скрипина Е.В. Применение информационных технологий в управлении транспортными потоками: системы мониторинга транспортных средств. *Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса*. 2019. С. 351–355.

58. Barot V., Kapadia V. & Pandya S. QoS enabled IoT based low cost air quality monitoring system with power consumption optimization. *Cybernetics and Information Technologies*. 2020. № 20(2). P. 122–140.

59. Другов К.М., Подколзина Л.А. Системы навигации наземных подвижных объектов. *Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития: сборник научных статей молодых ученых, аспирантов и студентов ФГБОУ ВПО ТГТУ*. 2012. №. 3-С. С. 203–207.

60. Olszewski R., Pałka P. & Turek A. Solving “Smart City” Transport Problems by Designing Carpooling Gamification Schemes with Multi-Agent Systems: The Case of the So-Called “Mordor of Warsaw”. *Sensors*. 2018. № 18(1). P. 141.

61. Михайлов С. Влияние многолучевости распространения радиоволн от навигационного космического аппарата на точность определения координат GPS-приемник. *Беспроводные технологии*. 2006. №. 3. С. 60–71.
62. Ostrowska K., Gaška A., Kupiec R., Sładek J. & Gromczak K. Verification of articulated arm coordinate measuring machines accuracy using lasertracer system as standard of length. *Mapan*. 2016. № 31(4). P. 241–256.
63. Кашканов В.А., Кашканов А.А., Кужель В.П. Інформаційні системи і технології на автомобільному транспорті: навчальний посібник. ВНТУ, 2020. 104 с.
64. Robinson V.B. Geographic Information Systems and Development Decision-Making. *Cutting Edge Technologies And Microcomputer Applications For Developing Countries*. 2019. P. 11–18.
65. Longley P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J. & Rhind D.W. Geographic information systems and science. *John Wiley & Sons*. 2005. P. 497.
66. Сапрыкин М.Ю. Общественно-парсипативные географические информационные системы в контексте функционирования гражданского общества. *Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление*. 2015. №. 10. С. 138–143.
67. Барабанова М.И., Кияев В.И. Информационные технологии: открытые системы, сети, безопас-ность в системах и сетях : учебное пособие.СПб. : Изд-во СПбГУЭФ, 2010. 267 с.
68. Малыгин И.Г., Сильников М.В. Интеллектуальные системы транспортной безопасности. *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2014. № 1. С. 1–13.
69. Levinson J., Askeland J., Becker J., Dolson J., Held D., Kammel S. & Thrun S. Towards fully autonomous driving: Systems and algorithms. *In 2011 IEEE intelligent vehicles symposium (IV)*. 2011, June. P. 163–168.
70. Рудзінський В.В. и др. Особливості експлуатації транспорту загального призначення в технологіях інтелектуальних транспортних систем.

Вісник ЖДТУ. Серія «Технічні науки». 2016. № 2 (77). С. 238–247.

71. Капустина Н.В., Абрамян А.Э. Роль интеллектуальных систем в развитии транспортной инфраструктуры современных мегаполисов: перспективы и риски. *Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты*: докл. к XXII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 13–30 апр. 2021. С. 116–121.

72. Miranda J., Ponce P., Molina A. & Wright P. Sensing, smart and sustainable technologies for Agri-Food 4.0. *Computers in Industry*. 2019. № 108. P. 21–36.

73. Малий А.С. Удосконалення організації та якості міських перевезень пасажирів громадським транспортом : дис. Дніпровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, Дніпро. 2021. 432 с.

74. Visser H.J. & Vullers R.J. RF energy harvesting and transport for wireless sensor network applications: Principles and requirements. *Proceedings of the IEEE*. 2013. № 101(6). P. 1410–1423.