

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
Факультет транспорту і будівництва
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті**

**ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної кваліфікаційної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня магістр**

галузі знань 27 – «Транспорт»
спеціальності 273 Залізничний транспорт/ Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті

на тему: «Підвищення безпеки залізничних перевезень шляхом розробки алгоритмів контролю відповідальних параметрів руху поїздів»

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІБЗТ-22зм
Мартиненко І.П.




(підпис)

Керівник: доц. Сорока С.І.



(підпис)

Завідувач кафедри: проф. Чернецька-Білецька Н.Б.



(підпис)

Київ – 2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ ТА ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ТРАНСПОРТІ.....	6
1.1. Надзвичайні ситуації на транспорті.....	6
1.2. Надзвичайні ситуації на транспорті як один з видів небезпек технічних систем.....	10
1.3. Попередження критичних ситуацій на транспорті Підвищення безпеки технічних систем на транспорті.....	13
1.4. Зменшення негативного впливу людського фактору.....	17
2. ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАБЕСПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ.....	22
2.1. Оцінка ефективності забезпечення безпеки транспортних систем.....	22
2.2. Оцінка ефективності забезпечення безпечної роботи транспорту ...	23
2.3. Безвідмовність роботи людино-машинних систем Фактори, впливові на надійність людино-машинних систем.....	26
2.4. Оцінка безвідмовності роботи людино-машинних систем.....	28
2.5. Ефективність використання супутникових систем навігації в цілях забезпечення безпеки руху.....	32
3. РОЗРОБКА СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ВІДПОВІДАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ПОЇЗДІВ.....	38
3.1. Завдання розробки технічних систем. Розробка систем автоматичного управління.....	38
3.2. Підвищення якості управління автоматизованими системами.....	42
3.3. Розробка ергатичних систем забезпечення безпеки на залізничному транспорті.....	45
3.4. Пристрій адаптивної корекції дій оператора транспортного засобу.....	47
3.5. Система інтервального регулювання руху поїздів.....	53
3.6. Порівняльний аналіз засобів фільтрації сигналів датчиків проходу коліс.....	58
ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	65

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В даний час в світі експлуатується безліч наземних, повітряних, транспортних засобів необхідність використання яких обумовлена розвитком економіки. В [1] наведені статистичні дані, відповідно до яких, основними виробничими процесами на транспорті вважаються перевезення вантажів і пасажирів, а також процеси з технічного обслуговування і ремонту самих транспортних засобів.

Одним з основних завдань на транспорті є безаварійне і безпечне перевезення вантажів і пасажирів. Підвищення швидкостей руху транспортних засобів, збільшення дальності перевезень, кількості перевезених вантажів, освоєння нових територій континентів, поява принципово нових транспортних засобів і способів управління є основними факторами, які роблять дослідження в області безпеки перевезень актуальними. Проведений аналіз сучасних систем забезпечення безпеки на транспорті показав існування резервів підвищення якості перевезень шляхом контролю відповідальних параметрів рухомих об'єктів, а так само шляхом моніторингу інформаційних управляючих систем та стану людини-оператора під час руху.

Актуальність розвитку проблемної області даного напрямку і його народногосподарське значення обумовлено зростанням масштабів робіт по інтенсифікації та комп'ютеризації технологічного виробництва та комплексної автоматизації інтегрованого управління функціонуванням, як мережею технологічних процесів, так і окремим підприємством і цілою галуззю народного господарства.

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень є підвищення безпеки транспортних перевезень шляхом розробки алгоритмів контролю відповідальних параметрів руху поїздів, розробки керуючих людино-машинних систем з урахуванням впливу людського фактора і підвищення точності обробки сигналів датчиків із застосуванням сучасних методів фільтрації.

Завдання досліджень:

- а) аналіз безпеки руху рухомих об'єктів залізничного транспорту;
- б) розробка критерію оцінки безпеки для ергатичної транспортної системи з урахуванням застосування радіонавігаційних систем для підвищення безпеки руху;
- в) порівняльний аналіз методів фільтрації сигналів апаратури контролю рухомого складу на ходу поїзда з метою обґрунтування вибору алгоритму, що забезпечує підвищення точності функціонування інформаційно-керуючих систем;
- г) розробка автоматичних систем контролю відповідальних параметрів рухомих об'єктів залізничного транспорту.

Об'єкт - системи безпеки руху на залізничному транспорті.

Предмет – розробка алгоритмів і систем автоматичного контролю відповідальних параметрів руху поїздів.

Методи виконання роботи. Методи теорії ймовірностей, теорії надійності технічних систем, математичне моделювання, прогнозування, порівняльно-аналітичні методи.

Наукова новизна отриманих результатів.

- Удосконалено комплексний показник безпеки ергатичної (людино-машинної) транспортної системи, що дозволяє врахувати і кількісно оцінити фактори, що впливають на безпеку рухомих об'єктів під час руху;
- Запропоновано системи і пристрої підвищення безпеки руху транспортних засобів: «Система моніторингу стану рухомих об'єктів», «Система інтервального регулювання руху поїздів», які дозволяють контролювати відповідальні параметрів рухомих об'єктів на транспорті.

Практичне значення отриманих результатів. Результати роботи можуть бути використані на залізничному транспорті при проектуванні нових і модернізації існуючих систем забезпечення безпеки.

Застосування пристрою виявлення небезпечного зближення поїздів дозволить організувати додатковий рівень контролю безпеки для роботи залізничного транспорту на основних магістралях. Використання пристрою на

малодіяльних і не електрифікованих ділянках залізниць суттєво підвищить безпеку руху.

Публікації. Відповідно до теми дипломної роботи опубліковані наукові публікації у фахових виданнях України, результати роботи представлені на науковій студентській конференції.

Структура і об'єм роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел з 106 найменувань на 10 сторінках. Загальний об'єм кваліфікаційної роботи магістра складає 74 стор. Робота включає 15 рисунків та 5 таблиць по тексту.

1. АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ ТА ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ТРАНСПОРТІ

1.1. Надзвичайні ситуації на транспорті

У даній роботі, об'єктом аналізу небезпек є технічні системи на транспорті, в процесі перевезень вантажів рухомими об'єктами на різних видах транспорту визначальним фактором безпеки є стан системи, в якій в єдиний комплекс, призначений для виконання певних функцій, об'єднані технічні об'єкти і люди, які взаємодіють один з другом. Основними компонентами транспортної системи є людина і машина. Складні процеси, що відбуваються між основними компонентами даної системи, потребують управління.

З принципу ієрархічності управління [3] випливає, що транспортна система є багаторівневою, а при переході від одного рівня до іншого компоненти системи зазнають змін. Ієрархія ділить людей на «людини», який формулює завдання, організує, керує, і «людини», який спільно з технікою утворює компонент «машина», безпосередньо здійснює рішення поставленої задачі. Крім рівнів і компонентів, в транспортній системі доцільно виділити окремі стадії життєвого циклу:

- стадія проектування, коли визначаються завдання, формуються вимоги, розраховуються параметри, розробляються креслення;
- стадія створення, коли в процесі виготовлення або виробництва концепція і конструкція починають втілюватися в життя;
- Взаємодія компонентів, що входять в технічну систему, може бути штатним і нештатним. Позаштатне взаємодія може виражатися у вигляді надзвичайних ситуацій - небажаних, незапланованих, ненавмисних подій, що порушують нормальний хід речей і відбуваються у відносно короткий відрізок часу. Предотказные і критичні стани зазвичай передують НС, але можуть мати і самостійне значення [4]

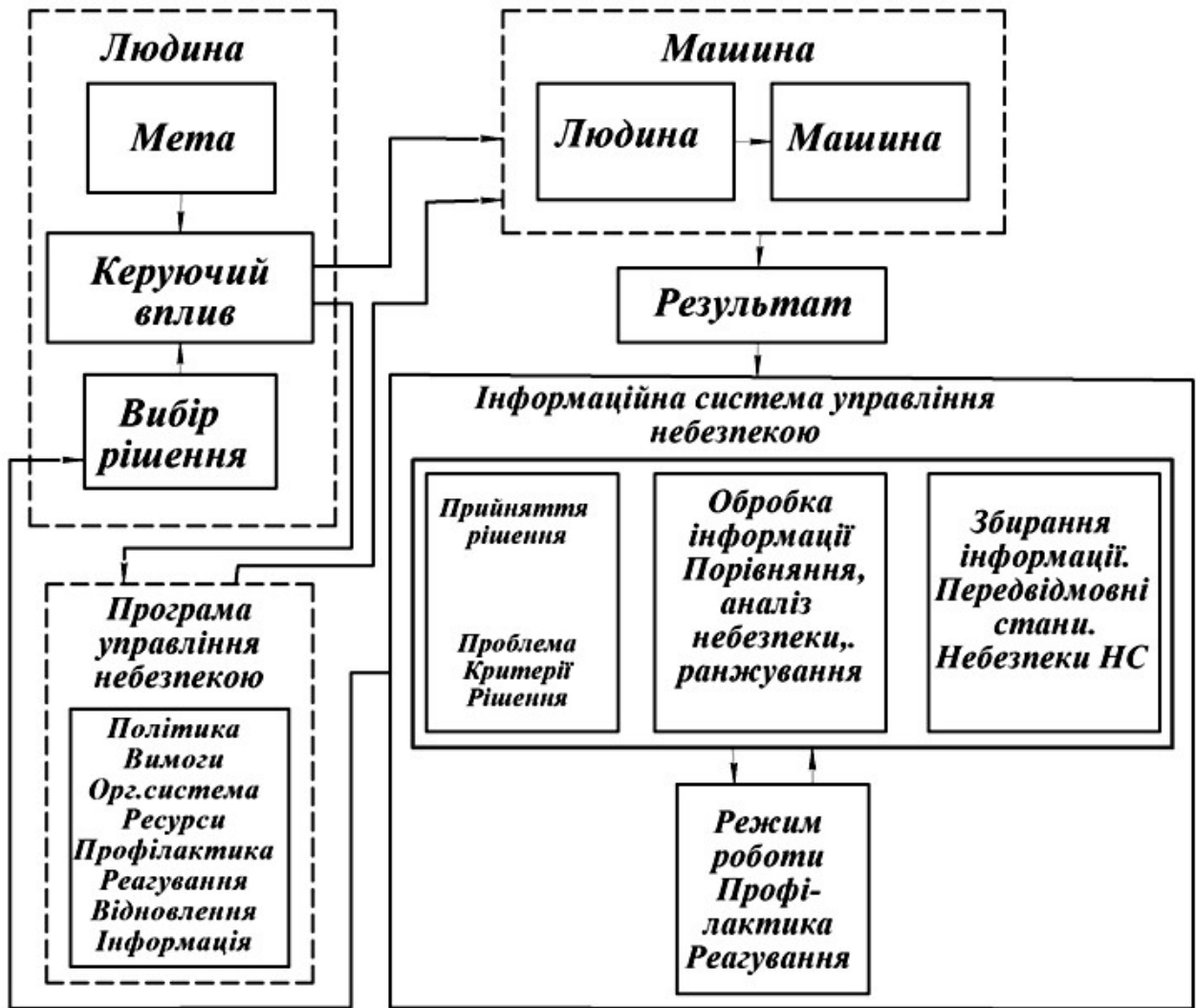


Рис.1.1. Структурні елементи системи управління загрозами на стадії експлуатації

Аналіз небезпек робить передбачуваними наступ НС і, отже, їх можна запобігти відповідними заходами. До головних моментів аналізу небезпек відноситься виявлення небезпечних об'єктів, виявлення факторів призводять до настання НС, виявлення НС, які можливо запобігти, виявлення НС, виникнення яких не можна усунути повністю і частоти їх появи, виявлення наслідків непереборних НС і аналіз їх впливу на людей, матеріальні об'єкти, навколишнє середовище.

Пошук причин НС призводить до системного аналізу системи управління безпеками. На різних стадіях життєвого циклу технічної системи функціональні моделі системи управління безпеками (СУО) можуть складатися з різних елементів, при цьому обов'язковим є наявність інформаційної системи,

зворотних зв'язків і алгоритму функціонування. Найбільш складною є функціональна модель СУ Про на стадії експлуатації системи людина-машина (ЧС) (рис. 1.1).

На рис. 1.1 [5] компонент «людина», вибираючи мету, створює керуючі дії, які впливають на компонент «машина». Результат цих дій аналізується інформаційною системою управління небезпеками, яка проводить відбір і обробку інформації, а також пропонує варіанти можливих рішень при виявленні відхилень в роботі системи. В якості керуючого дії розглядається також програма управління небезпеками (ПУО), яка включає такі складові, як політику, що проводиться менеджментом в сфері безпеки; технічні вимоги (наприклад, стандарти), закладені в ПУО; організаційні та інформаційні моменти, а також наявність ресурсів для виконання завдань, поставлених ПУО. Крім цього, програма включає системи профілактики - готовності, реагування та відновлення.

Наявність зворотного зв'язку та інформаційної системи дозволяє здійснювати збір даних за відхиленнями, відмов, НС, проводити аналіз небезпек і їх ранжування, порівнювати результати функціонування системи технічного з програмою управління небезпеками, приймати рішення, вибирати і здійснювати дії, що управляють. В виробничій системі інформаційні функції, зокрема, виконують: рапорти інспекторів, акти розслідування НС, протоколи атестації робочих місць, інструкції з безпеки і т. д. За рахунок зворотних зв'язків забезпечується стійкість функціонування СУО і її розвиток при наявності позитивних зворотних зв'язків.

Як сказано вище, СУО в загальному випадку працює в різних режимах і її важливим елементом є алгоритм функціонування, який разом з деякими компонентами СУО можна змалювати таку картину, як показано на рис. 1.2.

Режим роботи СУО залежить від типів НС, що відбуваються в системі. При режимних НС технічна система функціонує штатно і робота СУО не виходить за рамки режиму профілактики і готовності (рис.1.2).

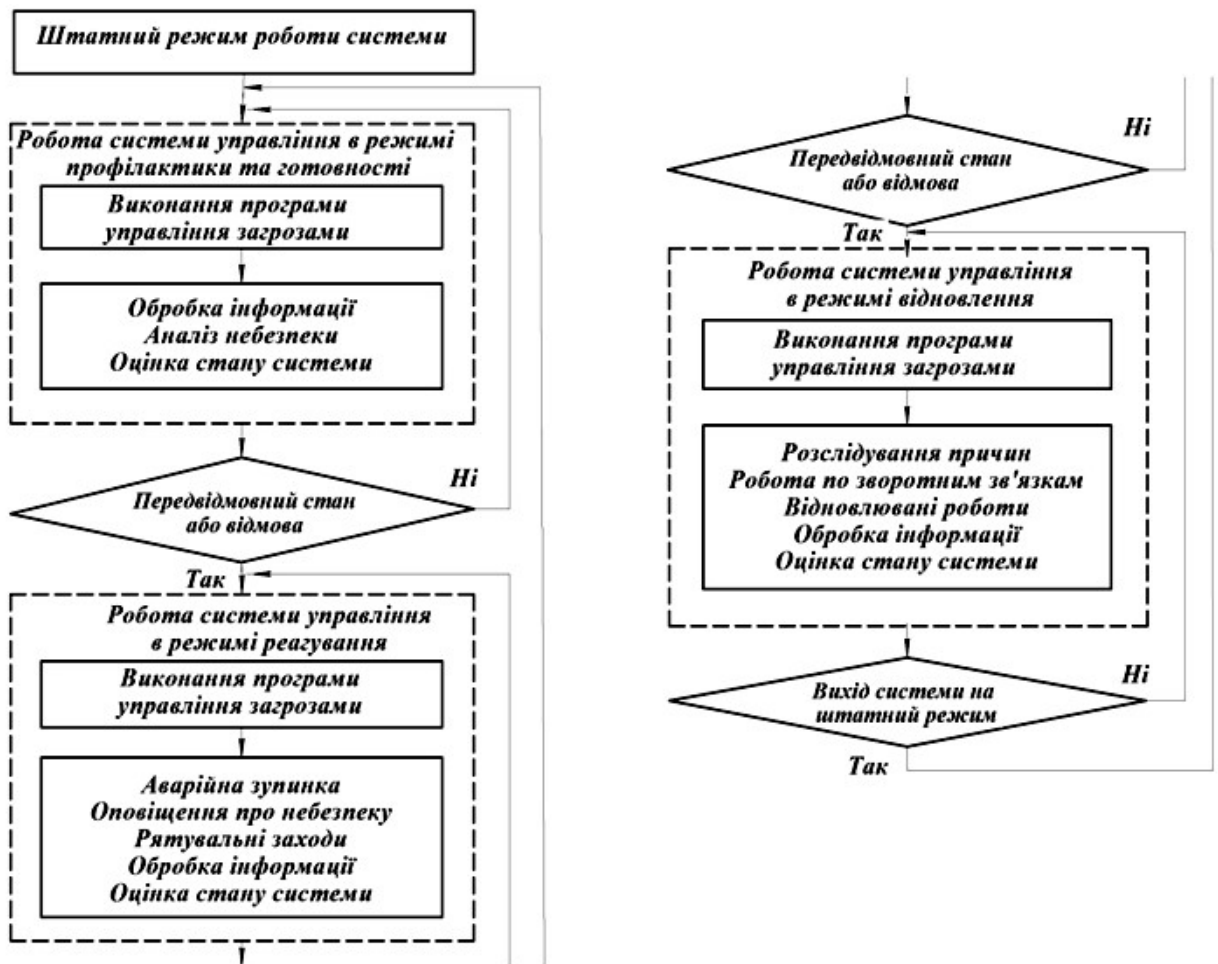


Рис.1.2. Алгоритм функціонування системи управління безпекою

При проектних і заprojektних НС система функціонує за межами штатного режиму. СУО працює в режимі реагування і відновлення, при цьому, якщо мають місце проектні НС, то виконуються деякі елементи режиму реагування та режиму відновлення (рис. 1.2), а при заprojektних НС виконуються практично всі елементи, закладені в ці підсистеми, і, зокрема, необхідний комплекс відновлювальних робіт.

Аналіз небезпек дозволяє визначити джерела небезпек, потенційні надзвичайні ситуації, предотказние або критичні стани, імовірності НС, величину ризику, величину наслідків, шляхи запобігання НС і смяг чення наслідків.

Як запропоновано авторами [5], в технічних системах слід виробляти якісну і кількісну оцінку небезпек і, на підставі отриманих результатів, виробляти планування попереджувальних заходів, розробку нових засобів і алгоритмів

запобігання НС.

1.2. Надзвичайні ситуації на транспорті як один з видів небезпек технічних систем

В даний час в світі експлуатується безліч наземних, повітряних, транспортних засобів і морських судів, необхідність використання яких обумовлена розвитком економіки. В [6,7] наведені статистичні дані, відповідно до яких, основними виробничими процесами на транспорті вважаються перевезення вантажів і пасажирів, а також процеси з технічного обслуговування і ремонту самих транспортних засобів. Зі збільшенням числа і видів транспорту зростає і кількість виникаючих критичних ситуацій. Аварії і катастрофи, що виникають на транспорті, відносяться до техногенних, їх економічні, екологічні та соціальні наслідки істотні і досліджені поруч авторів [6]

Транспорт є джерелом небезпеки не тільки для його пасажирів, а й для населення, яке проживає в зонах транспортних магістралей, оскільки по ним перевозиться велика кількість (близько 12% від загального обсягу вантажоперевезень) легкозаймистих, хімічних, радіоактивних, вибухових та інших речовин, які при аварії становлять загрозу життю і здоров'ю людей [8]

Однією з основних завдань на транспорті є безаварійна і безпечне перевезення вантажів, тобто виконання перевезень без аварій і катастроф.

В літературі [6,7,8] наведені різні способи класифікації надзвичайних ситуацій. Надзвичайні ситуації класифікуються за типами, видами, масштабами, тяжкості наслідків і т.д. Одним з основних критеріїв оцінки НС є підрозділ на аварії та катастрофи.

Аварія - це пошкодження машини, верстата, устаткування, будівлі, споруди. Виробнича аварія - це раптова зупинка роботи або порушення встановленого процесу виробництва на промислових підприємствах, транспорті та ін., Які призводять до пошкодження або знищення матеріальних цінностей. Катастрофа - це аварія з людськими жертвами [9].

Важливою є класифікація НС за масштабом поширення надзвичайних подій, при цьому враховуються не тільки прямі збитки, завдані НС, але і непрямі наслідки. Наприклад, порушення соціальних, економічних, організаційних зв'язків діючих на значних територіях, що характерно і для НС на транспорті.

За масштабом поширення і тяжкості наслідків НС поділяються на локальні, місцеві, територіальні, федеральні і транскордонні [8].

За типами надзвичайні ситуації поділяються на НС природного характеру, НС техногенного характеру та НС екологічного характеру.

Надзвичайні ситуації різних видів і масштабів можуть бути наслідком аварій сталися на транспорті.

Ситуацій, які є аварійними, тобто такими, в результаті яких наступають важкі наслідки, як правило, передують передаварійні стану, в подальшому звані критичними. Критичною слід вважати ситуацію, при якій подальший рух, без зміни параметрів, рухомого об'єкта (ПО) призводить до надзвичайної ситуації. Своєчасне усунення причин, що викликали передаварійний, критичний стан, блокує подальший розвиток його в аварію або катастрофу.

За даними, наведеними в [12], залізничний транспорт вважається одним з найбільш безпечних видів транспорту. Однак, за показниками безпеки руху залізничний транспорт займає третє місце після автомобільного та повітряного. Статистичні дані останніх років свідчать про значне числі постраждалих і загиблих в результаті аварій пасажирських поїздів [13]. Аварійні ситуації при перевезенні по залізницях небезпечних і особливо небезпечних вантажів призводять до значних руйнувань, зараження місцевості і ураження токсичними речовинами великих мас людей. Так само аварії на залізничному транспорті призводять до великих економічних втрат, порушується трафік руху, чого, як правило, не відбувається на інших видах транспорту.

Авіакатастрофи відбуваються відносно рідко, але кількість загиблих під час однієї авіакатастрофи в кілька разів перевищує число жертв під час одного надзвичайної події на залізничному і автомобільному транспорті.

Аварії на водному транспорті призводять як до важких економічних і

соціальних наслідків (велике число жертв, під час аварії пасажирських суден, втрата матеріальних цінностей), так і до серйозних екологічних наслідків таким, як розливи нафти, викиди в атмосферу отруйних речовин.

Надводними і підводними морськими судами використовуються енергетичні установки, побудовані на атомних реакторах, в разі краху таких судів можливі великі викиди радіоактивних речовин у водне середовище і атмосферу.

Найбільше число жертв катастроф на транспорті припадає на автомобільний транспорт [6], зважаючи на велику кількість транспортних засобів та невисокою, в порівнянні з іншими сферами транспорту, кваліфікації операторів.

Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій на транспорті може бути забезпечено: якісної професійної підготовки фахівців, моніторингом передотказних станів технічних об'єктів, контролем стану людини-оператора, параметрів навколишнього середовища, і вироблення на цій основі інформації для оперативного оповіщення менеджерів всіх рівнів про виникнення критичних ситуацій, підвищенням надійності транспортних систем.

Таким чином, в різних сферах транспорту виникає необхідність створення єдиної інформаційної багаторівневої системи забезпечення безпеки руху.

□ Принцип побудови багаторівневої системи забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті

Залізничний транспорт характеризується високим рівнем оснащення засобами автоматики, що дозволяють автоматизувати технологічні процеси формування і руху поїздів. У поєднанні з локомотивними приладами вони забезпечують виконання вимог безпеки в поїзної і маневрової роботи. Але впровадження нових технічних засобів, підвищення кваліфікації обслуговуючого персоналу, вдосконалення технології перевізного процесу та утримання технічних засобів і багато інших, не в змозі повністю вирішити задачу забезпечення безпеки руху. Відмови технічних засобів, помилки персоналу призводять до порушень безпеки руху поїздів [20].

Багаторівнева система управління і забезпечення безпеки руху поїздів [20] являє собою інтелектуальну надбудову на існуючі засоби управління рухом

поїздів - системи залізничної автоматики і телемеханіки (ЖАТ). Вона дозволяє вирішувати ряд завдань щодо виключення небезпечних для руху поїздів ситуацій шляхом інтеграції ресурсів, якими володіють пристрої ЖАТ, засоби управління і забезпечення безпеки на локомотивах, а в ряді випадків - і інформаційно-керуючі системи залізничного транспорту. При цьому створюється ще один, крім коштів ЖАТ, додатковий рівень забезпечення безпеки, технічною основою якого є сучасні засоби обробки і передачі інформації.

1.3. Попередження критичних ситуацій на транспорті. Підвищення безпеки технічних систем на транспорті

У сучасному світі відмови в системі функціонування транспорту можуть мати важкі наслідки. Надзвичайні ситуації, що виникли внаслідок аварії транспортних засобів, носять соціальний (гинуть люди), але все частіше екологічний характер (відбувається зараження навколишнього середовища токсичними або радіоактивними речовинами). Одним з найбільш частих джерел відмов в системі транспорту є технічні пристрої, які безпосередньо входять до складу транспортних засобів. У кожному сучасному транспортному засобі нараховуються тисячі вузлів і агрегатів, відмова кожного з яких може призвести до виникнення НС з наслідками різного ступеня тяжкості.

Важливу роль в забезпеченні безпеки на транспорті грає і надійність роботи технічних систем забезпечують функціонування транспорту. Відмови в таких системах часто є неприпустимими. Наприклад, відмова радіосигнали пристрою в диспетчерському центрі аеропорту може послужити причиною катастрофи з великою кількістю людських жертв.

Серед основних причин виникнення відмов в технічних системах на транспорті можна виділити:

- знос деталей вузлів і агрегатів транспортних засобів;
- недосконалість засобів і прийомів технічної діагностики вузлів і агрегатів;
- використання невідповідних прийнятим стандартам компонентів при

ремонті і технічному обслуговуванні транспортних систем;

-сбої в роботі програмного забезпечення.

Особливе місце серед технічних систем, що забезпечують безпеку руху, займають і різні системи навігаційного забезпечення рухомих об'єктів. Все більша кількість транспортних систем використовують глобальні супутникові радіонавігаційні системи (СРНС) як основний засіб забезпечення навігаційно-часового забезпечення. У той же час, саме сигнали СРНС схильні до дії багатьох випадкових геофізичних чинників, які, в деяких випадках (наприклад, магнітні бурі), можуть призвести до збою позиціонування.

Таким чином, основними напрямками підвищення надійності і безпеки технічних систем на транспорті є:

-модернізація транспортних засобів і систем забезпечення руху; -підвищення надійності вузлів і агрегатів, що входять до складу рухомих об'єктів і систем, що забезпечують функціонування транспорту, шляхом конструктивних змін і використання сучасних матеріалів і технологій виготовлення;

-вдосконалення методів технічної діагностики і неруйнівного контролю вузлів і агрегатів транспортних систем;

-модернізація програмного забезпечення мікропроцесорних пристроїв, що входять до складу транспортних систем;

-підвищення точності позиціонування ПО з використанням СРНС і наземних засобів навігації.

Технічні засоби, що забезпечують функціонування систем транспорту є важливою складовою безпеки, але як показує статистика [10] більшість НС на транспорті виникають з вини людини.

Людино-машинні системи на транспорті. У сучасному світі людина і машина взаємодіють все тісніше, відбувається їх взаємна інтеграція. Розвиток сучасних систем управління за участю людини характеризується двома суперечливими напрямками. З одного боку людина все більше виключається з безпосереднього управління машинами і механізмами, і автоматичні системи виконують всі більший обсяг рутинних для людини дій. З іншого боку за людиною залишаються

все більш важливі, що вимагають високого інтелекту і рівня підготовки, функції щодо прийняття істотних, часто фінальних, рішень управління. Як наслідок, «людський фактор» (ЧФ) виходить на перший план в питаннях забезпечення безпеки на транспорті [13].

Людський фактор на транспорті проявляється в неадекватних діях операторів рухомих об'єктів (ПО) під час руху або в неписьменних діях, або недбалому ставленні працівників служб забезпечують безпеку руху. Перераховані причини в критичних ситуаціях призводять до виникнення аварій або катастроф [14].

Система управління рухомих транспортним об'єктом є людино-машинного й складається з регулятора, до складу якого входить оператор (вахтовий судоводитель, пілот, машиніст), і об'єкта регулювання, яким є транспортний засіб [11]. На систему управління впливають як зовнішні дестабілізуючі фактори (наприклад, змінюється навігаційна обстановка, рішення задач запобігання зіткнень, зміна погодних умов), так і внутрішні (енергонасиченість, міцність, інерційність об'єкта, відмови елементів керуючих систем і ін.) (Рис. 1.6). До внутрішніх дестабілізуючих чинників, що впливає на якість роботи системи, відноситься також психофізіологічний стан оператора до моменту прийняття рішення. Будь-яке прийняте оператором рішення по управлінню об'єктом носить суб'єктивний характер і заздалегідь формалізувати логіку його прийняття неможливо. Поки що, не представляється можливим заздалегідь виробити правила (закони) логічного мислення, якими повинен керуватися оператор в різних обставинах. "Закони поведінки" впливають як на логічне мислення людини, так і на час прийняття ним рішення. При побудові систем контролю станів ПО необхідно проводити дослідження, які б дозволяли досить повно враховувати закони поведінки людини.

Вплив ЧФ на систему управління ПО можливо враховувати за допомогою безперервного контролю його фізичного стану, а також збором і аналізом статистичних даних про поведінку операторів ПО, що опинилися в аварійних ситуаціях.

Методи та інструментальні засоби сучасних медичних технологій дозволяють ефективно виконувати спостереження за станом людини. Особливу увагу привертає використання методик

прогностичної оцінки станів, заснованих на принципах стеження за системними показниками організму. До подібних показників можна віднести характеристики протікання регуляторних процесів в фізіологічних системах організму і, зокрема, показники активності процесів вегетативної регуляції в серцево-судинній системі.

Ритм серцевих скорочень є найбільш доступним для реєстрації фізіологічних параметром, що відображає процеси вегетативної регуляції в серцево-судинній системі. Динамічні характеристики ритму серця визначаються шляхом реєстрації послідовного ряду межпульсових інтервалів (найчастіше К-К інтервалів ЕКГ), вимірювання їх тривалості та проведення математичної обробки динамічного ряду отриманих значень для обчислення діагностичних показників (Варіаційна пульсометрія [15]).

Динамічні характеристики ритму серця дозволяють оцінити вираженість зрушень симпатичної і парасимпатичної активності вегетативної нервової системи при зміні стану спостережуваного індивіда. Активність вегетативної регуляції проявляється в зміні показників хронотропної структури серцевого ритму. Математичні методи аналізу тривалостей межпульсових інтервалів, що слідує один за одним, виявляє варіабельність серцевого ритму - мінливість інтервалів один щодо одного. Зміна варіабельності серцевого ритму пов'язано з інтенсивністю процесів активації відділів вегетативної нервової системи по відношенню до серцево-судинній системі і дозволяє судити про ступінь адаптаційної реакції організму на ту чи іншу вплив в цілому. Оцінка варіабельності серцевого ритму показала великі потенційні можливості в розпізнаванні станів функціонального напруження і перенапруження, що передують розвитку хвороби. Це дозволяє також оцінити адаптаційні можливості оператора на конкретному етапі його діяльності в різних умовах: зміщення робочого часу «вечір-ніч»; змінна циклічність (далекі поїздки; фізичні і психічні напруги, дефіцит часу і т.п.).

Обробка показників в реальному часі дозволяє вирішити питання про можливість адаптації оператора в кожному конкретному випадку, наявність або відсутність резервних можливостей при роботі в стресовій ситуації (нічний час, складна ділянка шляху, екстрене гальмування). Дана методика дозволяє також розробити рекомендації по режиму праці та відпочинку, тривалості робочої зміни, частоти профілактичних оглядів.

Аналіз статистичних даних про поведінку операторів, які опинилися в аварійних ситуаціях дозволяє визначити середньостатистичні закони поведінки, і на цій основі виробити коректуру їх дій за рахунок індивідуальних особливостей операторів, або шляхом моделювання різних ситуацій з використанням тренажерів з управління рухомим об'єктом [16].

Для мінімізації дії ЧФ на результат управління транспортним засобом доцільно застосовувати: а) результати ймовірнісної обробки безлічі моделей поведінки; б) кількісну оцінку ступеня впевненості мінімізації впливу ЧФ на безпеку транспортного засобу (нормування ЧФ); в) адаптивну корекцію динамічних характеристик регулятора відповідно до психофізіологічних станом оператора.

1.4 Зменшення негативного впливу людського фактора

Вплив людини-оператора на транспорті особливо проявляється критичних ситуаціях. Комплекс усіх якостей людини, що впливають на безпеку життєдіяльності, походження транспортних пригод та аварій, об'єднують поняттям "людський фактор". Людський фактор виражається в неадекватних діях операторів (машиністів локомотивів, водіїв автомобілів, пілотів літальних апаратів, судноводіїв річкових і морських судів) рухомих об'єктів під час руху, а також в неписьменних діях або недбалому ставленні працівників служб, що забезпечують безпеку руху [13]. ЧФ визначає різний ступінь схильності небезпеки. В [11] наводиться статистика, згідно з якою більше половини всіх нещасних випадків відбувається з вини людини.

Основними шляхами підвищення безпеки на транспорті, пов'язаними з людським фактором, є:

- навчання та підготовку операторів ПО;
- визначення рівнів робочого навантаження на екіпаж і оцінку ступеня втоми;
- аналіз психомоторних функцій поведінки членів екіпажу і вироблення інструкцій про правил поведінки на основі отриманих даних;
- розвиток професійної розумової здібності операторів і мотивації виконання посадових інструкцій;
- аналіз впливу автоматизації та ергономіки процесів управління ПО на організацію роботи екіпажу;
- застосування пристроїв дозволяють виробляти адаптивну корекцію динамічних характеристик регулятора відповідно до психофізіологічних станом оператора.

Для екіпажів, команд, бригад, операторів роль навчання і підготовки в запобіганні транспортних пригод дуже значна і являє собою найважливіший елемент безпечної, надійної експлуатації ПЗ. Першорядним при навчанні є визначення предметів і програм навчання, спрямованих на зменшення частоти виникнення транспортних пригод. Важливе місце відводиться вибору методики підготовки персоналу, який здійснює експлуатацію і технічне обслуговування транспортних засобів. Великий інтерес викликає використання в процесі навчання нових методів, техніки, в тому числі тренажерів і навчальних комплексів.

Завдання проведення експерименту на тренажерах полягає у виявленні законів поведінки і їх впливу на прийняття рішення оператором, що визначає безпеку рухомого об'єкту і його екіпажу. Дана проблема детально розглядається в [16,17].

В [16] сформулював ряд вимог, при дотриманні яких тренажер, який використовується для підготовки операторів ПО, може дати необхідний ефект.

Одночасно з процесом професійної підготовки операторів повинна вирішуватися завдання визначення невідповідності існуючих правил (інструкцій)

природним законам поведінки людини і, при необхідності, їх корекція.

Визначення рівнів робочого навантаження на оператора (екіпаж) має вестися з урахуванням характеру і складності завдання, емоційної напруги, величини інформаційної завантаження, складності та неординарності прийнятих рішень, резерву часу на виконання поставленого завдання. При перевищенні рівня робочого навантаження понад нормальний настає стомлення.

Втома - це поступове погіршення здатності людини до виконання дорученої їй роботи. В результаті у водія знижується зорове сприйняття, контрастна чутливість, концентрація уваги, точність оцінки відстані до об'єктів і швидкості їх руху, що веде до зниження якості управління транспортним засобом [19].

Втома має безпосереднє негативний вплив на ті функції оператора, від яких залежить безпека руху.

Вплив психомоторних функцій на безпеку руху пов'язано з оцінкою правильності прийому інформації та реакцією на неї операторів в складних транспортних і критичних ситуаціях. Помилки при виробництві керуючих впливів можуть виникнути через відсутність точності виконання прийнятого рішення, вплив водія на органи керування транспортним засобом не відповідає необхідному в даних умовах. Наприклад, він може сильніше, ніж потрібно, натиснути на педаль або ручку, випадково помилитися у виборі натиснутої кнопки, повернути важіль управління на менший кут.

Розглянута спрощена модель обробки інформації людиною [21] свідчить про можливість виникнення численних помилок, які призводять до виникнення НС.

Розвиток професійної розумової здібності. Професійна розумова здатність оператора ПО відображає його здатність до прийняття рішень. Термін "професійна розумова здатність" відображає здатності оператора до виявлення небезпечної ситуації, оцінки її і прояв їм розумової активності по вибору варіанту дій з ряду можливих покликаних боротися з ризиком.

Важливу роль в процесі забезпечення безпеки руху відіграє розвиток мотивації виконання оператором посадових інструкцій. Авторами [21,22] показано, що велике число НС на транспорті виникає саме внаслідок

недисциплінованості і халатного ставлення операторів ПО і працівників забезпечують безпеку руху.

Вплив автоматизації та ергономіки процесів управління ПО на організацію роботи екіпажу. Перевагами автоматизації ергатичних систем "людина - машина" (ЧС) є зменшення ручної робочого навантаження і втоми, звільнення від рутинних операцій, виняток дрібних помилок управління, підвищення економічності роботи.

Аналіз впливу оператора на органи управління ПО можливо зробити методами математичного моделювання. На цій основі створюється математична модель оператора. Людина представляється у вигляді складного динамічного ланки, параметри передавальної функції якого залежать від психофізіологічних параметрів організму.

До методів математичного моделювання, що застосовуються при побудові систем за участю людини оператора, висуваються такі вимоги: розмірність (опис процесів управління з багатьма взаємопов'язаними змінними); динамічність (облік чинника часу); невизначеність (облік випадкових складових у діяльності оператора); факторний (облік специфічних особливостей поведінки людини, наприклад напруженості, емоцій і т. д.); описовість (можливість математичного опису внутрішніх, психофізіологічних механізмів діяльності людини). Застосовувані методи повинні допускати можливість опису діяльності людини і роботи машини за допомогою єдиних показників і характеристик. Види основних методів математичного аналізу і їх ефективність для конкретних умов наведено в [23].

Авторами [23] пропонується адаптивна корекція динамічних характеристик регулятора системи управління ПО відповідно до психофізіологічних станом оператора. Звісно ж, що цей спосіб є одним з найбільш перспективних для корекції впливу людини оператора на системи управління ПО.

Застосування пристроїв адаптивної корекції дій оператора рухомим об'єктом, дозволить захистити систему управління від некоректних дій, що управляють оператора, і на цій основі, підвищить точність управління і, як наслідок, безпека

руху транспортних засобів. Таким чином, основними напрямками підвищення безпеки на транспорті, пов'язаними з людським фактором, є: якісний відбір і професійна підготовка операторів ПО, облік індивідуальних психофізіологічних особливостей операторів їх аналіз і вироблення на цій основі правил та інструкцій поведінки в різних транспортних ситуаціях, впровадження в технічних пристроїв , забезпечують діагностику психофізіологічного стану операторів і корекцію керуючих впливів.

2. ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

2.1. Оцінка ефективності забезпечення безпеки транспортних систем

У сучасному світі використовується безліч різноманітних транспортних засобів, існує велика кількість критеріїв для різнобічної оцінки їх роботи [35]. Першочерговим завданням будь-якого транспортного засобу є забезпечення максимально можливої безпеки перевезень, і, як наслідок, найбільш важливим критерієм оцінки роботи транспортного засобу є показник безпеки.

Показник безпеки - це складний комплексний показник, який включає в себе оцінку таких властивостей як надійність, ефективність, точність управління. Кількість складових комплексного показника безпеки залежить від того, з якою точністю потрібно оцінити безпеку роботи для конкретного виду транспорту.

Дуже важливо кількісно оцінити безпеку ПО ще на стадії проектування. Маючи можливість кількісно оцінювати безпеку роботи людино-машинних систем, можна коригувати параметри проєктованого ПО, вносити зміни не тільки в його конструкцію, але і в процес підготовки оператора, змінювати критерії відбору майбутніх операторів.

Розвиток сучасної структури транспорту має на увазі все більш тісну інтеграцію оператора і керованого ним транспортного засобу. Прийняті показники безпеки роботи технічних систем не завжди належним чином характеризують роботу сучасного транспортного засобу, не відображають все більш тісну взаємну інтеграцію людини і машини. Пропонується ввести комплексний показник безпеки для людино-машинних систем. Складовими комплексного показника безпеки, в рамках даної роботи, прийняті наступні показники:

- безвідмовність роботи людино-машинних систем;
- точність управління оператора ПО;
- точність управління транспортного засобу;

- ефективність навігаційного забезпечення.

Безвідмовність людино-машинних систем є найбільш важливим і, в той же час, найбільш ємним критерієм оцінки безпеки. Даний показник включає в себе як надійність технічного об'єкта в незалежності від впливу людини, надійність людини-оператора як елемента САУ, так і сукупну надійність всієї ергатичній (людино машинної) системи.

Точність керування оператором ПО характеризує властивість людини-оператора управляти ПО відповідно до аудіовізуальної інформацією одержуваної через зорові і слухові аналізатори, адекватно і своєчасно реагувати на команди, одержувані при роботі.

Точність керування транспортним засобом - показник, що включає електромеханічні властивості системи управління транспортним засобом, інерційність керуючих органів, затримки, що вносяться до процесу управління пристроями перетворення і корекції керуючих сигналів, механічна неточність управляючих впливів [36].

Ефективність навігаційного забезпечення - показник, що характеризує доцільність застосування різних засобів навігації для конкретних видів транспорту. Робота більшості сучасних наземних навігаційних комплексів, так чи інакше, пов'язана з супутниковими радіонавігаційними системами (СРНС). У той же час саме супутникові навігаційні системи схильні до впливу різних геофізичних факторів, що не піддаються точному прогнозуванню [37].

Кількісна оцінка кожного з приватних критеріїв ефективності дає можливість отримати кількісну оцінку комплексного показника ефективності технічної (транспортної системи), що, в свою чергу, дозволить вжити заходів технічного та організаційного характеру до підвищення безпеки роботи транспортних засобів.

2.2. Оцінка ефективності забезпечення безпечної роботи транспорту

На роботу транспортних систем діє велика кількість випадкових факторів,

тому для опису ефективності забезпечення безпеки роботи ПО доцільно застосовувати імовірнісний підхід. Комплексний показник безпечної роботи ПО можна оцінювати за допомогою імовірнісного показника:

$$W = P_H(A) P_{тчн} 011 (B) P_{точнТС} (B) P_{ена} (Г),$$

де $P(i)$ - ймовірність настання подій; А - подія, що визначає безвідмовну роботу транспортної людино-машинної системи; Б - подія, що полягає в здійсненні оператором ПО управління в межах заданої точності; В - подія полягає в реалізації транспортним засобом управляючих впливів із заданим рівнем точності; Г - подія, що полягає в ефективній роботі системи навігаційного забезпечення.

Зважаючи на велику кількість взаємозв'язків елементів в транспортних системах за участю людини при розрахунку комплексного показника безпеки, в даній роботі не враховуються взаємодії навігаційної апаратури з іншими технічними системами транспортного засобу. Прийнято, що на точність управління оператора не впливає стан транспортного засобу і точність реалізації транспортним засобом керуючих дій не задрості від якості функціонування інших вузлів і частин ПО. У зв'язку з цим прийнято, що події А, Б, В і Г є незалежними.

Надалі вважається, що порушення працездатності будь-який з компонент призводить до порушення працездатності системи, яка повинна функціонувати безперервно протягом заданого часу. Крім того, прийнято, що розглядаються компоненти системи не тільки не володіють надмірністю, але і не можуть відновлюватися при виконанні завдання, є однаковими з точки зору їх функціональної значущості. Допущення прийняті для спрощення отримання результату оцінювання.

Перший співмножник $P_i(A)$ наведеної формули визначає безвідмовність ергатичній системи і включає в себе безвідмовність людини-оператора і безвідмовність транспортного засобу:

$$P_H(A) = P(D) P(E),$$

де $P(D)$, $P(E)$ ймовірності настання подій D і E ; D - подія полягає в ненастанні раптової відмови оператора; E - подія полягає в працездатному стані транспортного засобу. Співмножник $P_{\text{точн.оп}}(B)$ - визначає ймовірність того, що оператор ПО буде керувати транспортним засобом, адекватно транспортної ситуації. Критерій точності управління оператора визначається якістю його підготовки, в тому числі до дій в умовах екстрених ситуацій. В рамках даного дослідження прийнято, що $P_{\text{точн.оп}}(B)$ може приймати значення 1 і 0, що відповідає рішенню або не вирішенню поставлених завдань управління. Тобто в разі, коли ПО рухається в заздалегідь певному «коридорі безпеки» завдання управління вирішується належним чином і значення $P_{\text{точн.оп}}(B) = 1$, у разі відхилення від встановленого маршруту, ПО залишає «коридор безпеки» і $P_{\text{точн.оп}}(B)$ приймає значення 0 (рис.2.1).

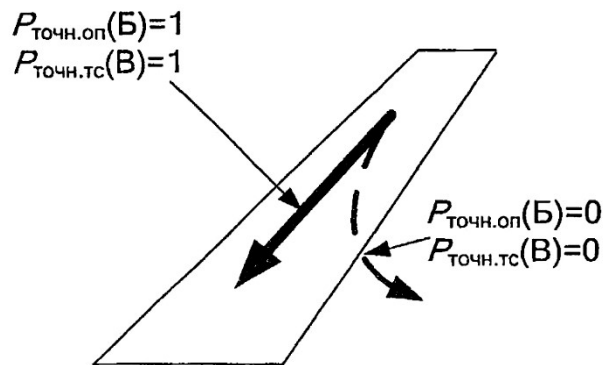


Рис.2.1. Рух рухомого об'єкта (РО) в «коридорі безпеки»

Третій співмножник показує ймовірність того, що транспортний засіб сприймає керуючі впливи оператора і перетворює їх із заданою точністю в сигнали управління. В рамках даного дослідження прийнято, що лоч "тс (В) так само може приймати тільки значення 1 і 0. Четвертий співмножник (Γ) - використовується для оцінки безперервності навігаційного забезпечення перевезень, є імовірнісним показником ефективності навігаційного комплексу

[36]. Два перших сомножителя визначають безвідмовність роботи людино-машинної системи, в той час як третій і четвертий множники визначають функціонування ПО з заданими параметрами.

2.3. Безвідмовність роботи людино-машинних систем. Фактори, що впливають на надійність людино-машинних систем

У безпосередньому зв'язку з поняттям «ефективність» знаходиться поняття «надійність». Надійність - властивість об'єкта зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах застосування, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання і транспортування [38].

Важливим моментом при комплексній оцінці надійності людино-машинних систем є облік факторів, що негативно впливають на надійність. Фактори, що впливають на надійність технічних систем, досить широко вивчені, в той же час вплив на роботу людини-оператора РО різних факторів, вимагає додаткових досліджень в області психофізіології, психології людини [39]. Існує безліч факторів, що впливають на правильність функціонування технічної системи, зокрема транспортного засобу. Основні фактори, що впливають на надійність РО наведені на рис. 2.2.

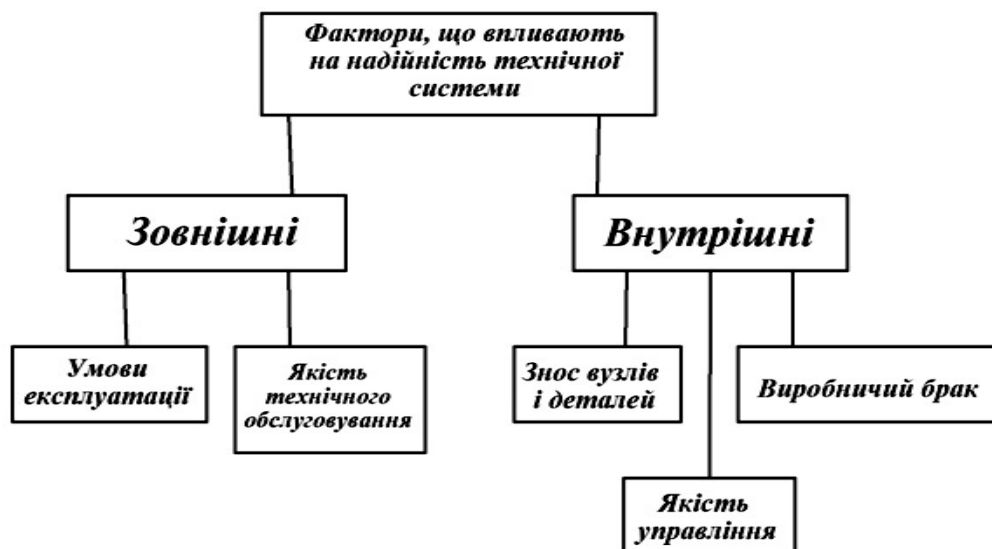


Рис.2.2. Фактори, що впливають на надійність РО

Тут під зовнішніми факторами впливу розуміються: умови експлуатації, що включають температурний режим роботи РО, вологість середовища, вплив радіоактивного і ультрафіолетового випромінювання, тиск середовища на корпус РО, вплив геофізичних умов на системи навігації та зв'язку. Особливо слід відзначити вплив людини як зовнішнього фактора в процесі технічного обслуговування програмного забезпечення.

Серед факторів, що впливають на безвідмовну роботу оператора РО так само можна виділити зовнішні і внутрішні (рис. 2.3.).

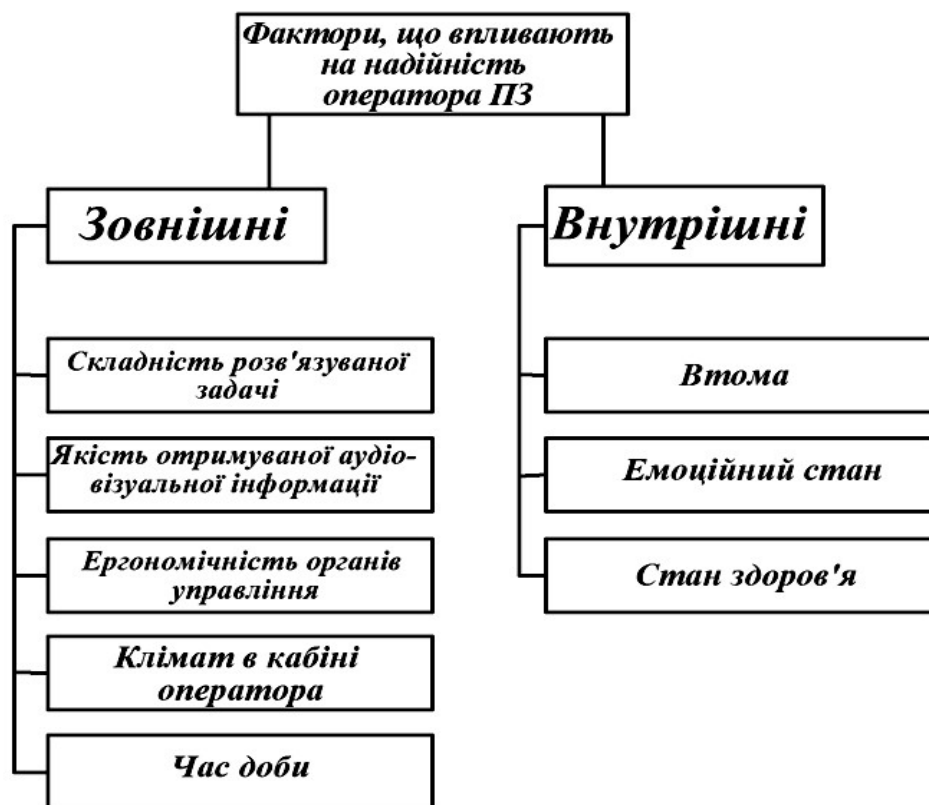


Рис.2.3. Фактори, що впливають на Надійність людини-оператора

Як видно з рис.2.3, на надійність оператора в процесі управління впливають випадкові і детерміновані чинники. До детермінованих факторів можна віднести: ергономічність органів управління РО і робочого місця оператора в цілому, клімат в кабіні оператора, час доби. Інші фактори можна оцінювати за допомогою математичного апарату теорії ймовірностей, тому що

визначити їх повністю не представляється можливим.

2.4. Оцінка безвідмовності роботи людино-машинних систем

В цілому питання оцінки надійності технічних систем розглянуто в [39]. Надійність людино-машинної системи зручно представити у вигляді вектора,

$$H = [H_1, H_2, H_3, \dots, H_k].$$

де $H_1, H_2, H_3, \dots, H_k$ - величини, що характеризують властивості надійності системи.

Кожна ймовірність описується своєю щільністю розподілу ДР (Д), дуді). Необхідно отримати щільність ймовірності ДЛ, (А) системи, або її моменти, а потім виконати вирівнювання щільності по моментам. Вихідними даними будуть служити моменти трьох компонент системи.

Надійність технічної системи - це складна властивість, що включає в себе більш прості властивості об'єкта, які називаються сторонами надійності.

Складовими надійності технічної системи є: безвідмовність, ремонтпридатність, довговічність, збереженість, працездатність [42].

Безпосередньо кількісна оцінка надійності технічної системи, в залежності від її приналежності до певного класу, визначається показниками надійності такими як: ймовірність

безвідмовної роботи, ймовірність відмови, середнє напрацювання до відмови, напрацювання на відмову, інтенсивність відмов, середня частота відмов. Також для оцінки роботи технічної системи використовують показники ремонтпридатності і довговічності [43].

Працездатність (надійність) технічних засобів можна оцінити показником ймовірності безвідмовності роботи при експоненційному законі надійності (приробітку коштів закінчена, а їх старіння не настав).

Оцінка надійності людини-оператора ПО. У роботах [45,46] розглядається

можливість застосування до людини категорій надійності, розроблених для технічних систем. Перевага технічного підходу до проблеми оцінки надійності діяльності оператора полягає в тому, що в системі ЧС з'являється можливість опису надійності людини і технічної системи за допомогою одних і тих же понять. При цьому можна отримати не тільки якісну, але і кількісну оцінку надійності системи ЧС.

Існує безліч визначень надійності людини-оператора. Так, в [47] визначають надійність оператора, як його здатність тривалий час зберігати працездатність при заданих умовах роботи. В [48] надійність людини-оператора представлена, як властивість людини зберігати оптимальні робочі параметри в екстремальних умовах. З огляду на специфіку праці операторів ПО, другий підхід до визначення надійності видається більш адекватним.

В даний час не існує однозначних методів оцінки надійності людини-оператора. Застосування існуючих методів теорії надійності технічних систем показує, що людина є елементом з дуже низьким ступенем надійності [49]. На підтвердження цього відзначається, що він нездатний тривалий час безпомилково виконувати одну і ту ж роботу, легко відволікається, важко спрогнозувати його дії, тому що поведінку людини піддається впливу безлічі факторів і є наслідком його суб'єктивних особливостей.

У той же час людина-оператор володіє інтелектом і здатний вирішувати непередбачувані завдання. Гак він самостійно швидко адаптується до нових умов роботи, здатний передбачати події і знаходити оптимальне рішення в складних ситуаціях. У наявності суперечливість в оцінці надійності людини-оператора, з одного боку людина менш надійний, а з іншого більш надійний, ніж існуючі технічні системи [50,52].

У даній роботі прийнято, що перед конкретними випробуваннями оператор піддавався навчання відповідної функціональної діяльності протягом часу T і за цей час зробив до помилок з випадковою інтенсивністю їх виникнення V . Після закінчення періоду навчання за весь час випробувань T_2 в

його роботі спостерігалось ≈ 2 помилок з випадковою інтенсивністю їх виникнення X .

Оцінка працездатності системи. Як зазначено в [50], знайти аналітичний вираз, взявши зворотне перетворення Мелліна від перетворень щільності ймовірностей "безвідмовної роботи" частин системи не завжди можливо. Однак, маючи чисельні значення початкових моментів шуканого розподілу, можна його апроксимувати за методом моментів деяким розподілом. Зручно скористатися [3].

На сьогоднішній день в світі створено велику кількість транспортних систем, що відносяться, як правило, до галузей автомобільного,

залізничного, повітряного і морського транспорту. Починаючи з 50-х років ХХ століття, розвивається також галузь космічного транспорту, яка в доступному для огляду майбутньому, можливо, перейде на рівень міжпланетних перевезень [53]. Будь-яка транспортна система - це ієрархічна структура з елементами зворотного зв'язку, на чолі якої стоїть адміністративний керуючий апарат (рис.2.4), складність структури управління залежить від величини транспортної мережі, а так само від типу розв'язуваних даною системою завдань.

Структура управління рухомим об'єктом, також є замкнутою ієрархією, що включає в себе диспетчера, оператора ПО, і керуючих систем транспортного засобу (рис.2.5). Одна з основних проблем на транспорті в сучасному світі - це динамічний, точне, адекватне управління транспортними системами, складність яких постійно зростає. Рішення даного завдання є комплексним і містить в собі ряд додаткових завдань:

- своєчасна передача керуючих команд від апарату управління в межах всієї транспортної системи;
- фіксація і зберігання даних як про роботу всієї системи в цілому, так і кожного ПО окремо, подальший аналіз цієї інформації і розробка на її основі більш досконалих методів управління;
- чіткий поділ сфер діяльності і відповідальності, складових

адміністративного апарату і персоналу безпосередньо пов'язаного з роботою транспорту;

- проблема точності управління всією транспортною системою, і проблема точності управління в системі ЧС.

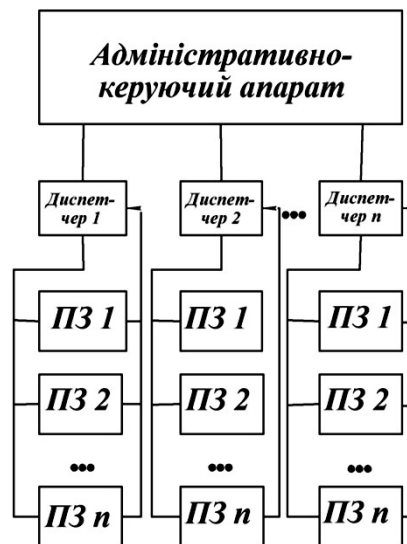


Рис.2.4. Структура управління транспортною системою

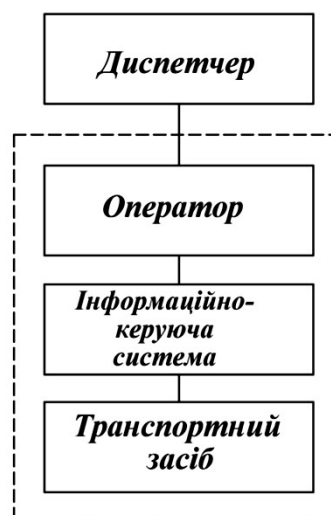


Рис.2.5. Структура управління рухомим об'єктом

У процесі управління РО під час руху однією з найважливіших складових безпеки є точність, з якою транспортний засіб реагує на команди, що подаються оператором і точність реагування оператора на зміни транспортної ситуації

(рис.2.6).

Таким чином, точність управління РО є твором ймовірностей функціонування оператора і транспортного засобу в межах заданих значень контрольованих параметрів, як показано в [45].



Рис.2.6. Включення коригуючого пристрою в систему управління РО

З [45] видно, що точність управління характеризує функціонування РО із заданими параметрами і в той же час є імовірнісним показником, тому що спрогнозувати, дії оператора і різні впливи можна лише з певною часткою. У теорії автоматичного управління (ТАУ) процес управління в часі визначається рішенням диференціального уравнеія динаміки замкнутої системи, отриманого в різних формах запису [55].

2.5. Ефективність використання супутникових систем навігації в цілях забезпечення безпеки руху

На транспорті існує безліч завдань, вирішення яких покликане забезпечити безпеку руху поїздів, оптимальний графік руху, постійний контроль місцезнаходження рухомих об'єктів. Традиційно ці питання

вирішуються шляхом впровадження електромеханічних пристроїв сигналізації, організації радіозв'язку і т.п. У 60-х роках минулого століття з'явилася можливість вирішувати перераховані вище завдання за допомогою супутникових радіонавігаційних систем (СРНС).

В даний час функціонує дві глобальних СРНС, доступні для користування широким колом споживачів: російська Глобальна навігаційна супутникова система (ГЛОНАСС) і американська Global Position System (GPS).

Основними вимогами до глобальних супутникових радіонавігаційним системам другого покоління є:

- глобальність навігаційно-часового забезпечення споживачів - споживач, який перебуває в будь-якій точці навколоземного простору, повинен мати можливість визначення своїх координат;

- безперервність навігаційно-часового забезпечення - можливість визначати координати споживача в будь-який час доби; необмеженість числа споживачів системи;

- висока точність навігаційно-тимчасових визначень (НЕЮ), під якими розуміють обчислення трьох просторових координат споживача, трьох складових його вектора швидкості і поточного часу.

Задоволення першої вимоги забезпечується вибором параметрів орбіт навігаційних супутників (штучних супутників Землі) і їх розташуванням на орбітах.

Для вирішення проблеми необмеженість числа споживачів системи використовується концепція незалежної навігації, яка передбачає виконання НВО безпосередньо в апаратурі споживача [57,58], а в рамках цієї концепції використаний метод пасивних (беззапросних) віддалемірних і доплеровських вимірювань за сигналами кількох навігаційних супутників (НС).

Концепція незалежної навігації і пасивні вимірювання, доповнені безперервним випромінюванням сигналів з НС, вирішують задачу безперервності навігаційно-часового забезпечення споживачів.

Висока точність НВО досягається за рахунок використання складних

радіосигналів, випромінюваних з НС; правильного вибору робочого сузір'я НС, тобто тих НС, сигнали яких приймаються в обробку при НВО; випромінювання сигналів з НС з достатньою потужністю; використання високоточної інформації про параметри руху НС; оптимізації алгоритмів обробки сигналів в апаратурі споживачів і рядом інших факторів.

Всі існуючі в даний час СРНС складаються з наступних сегментів: наземний сегмент управління системою, космічний сегмент системи, апаратура споживачів (рис.2.7.) [59].

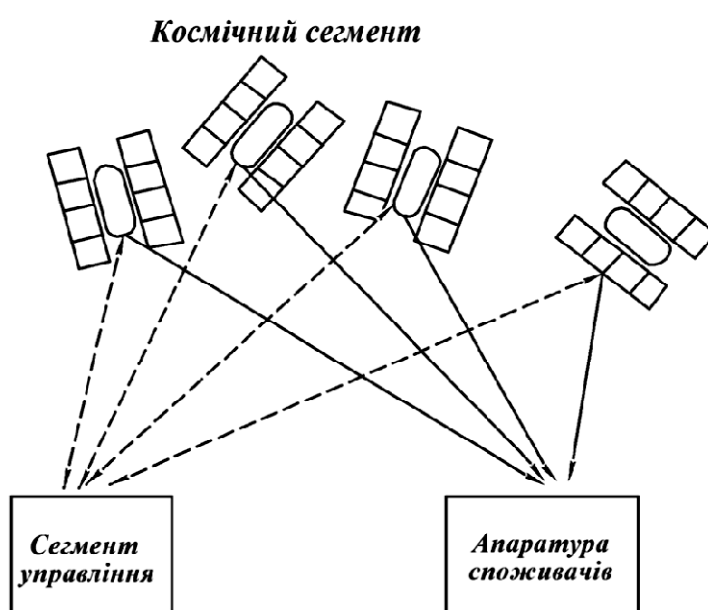


Рис.2.7. Склад апаратури супутникової радіонавігаційної системи

Підсистема космічних апаратів СРНС складається з певного числа навігаційних супутників (штатно 24 НС). Основні функції НС - формування і випромінювання радіосигналів, необхідних для навігаційних визначень споживачів СРНС, контролю бортових систем супутника підсистемою контролю та управління СРНС. До складу апаратури НС включають радіотехнічне обладнання (передавачі навігаційних сигналів і телеметричної інформації, приймачі даних і команд від ДМКУ, антени, блоки орієнтації), ЕОМ, бортовий еталон часу і годину готи (БЕВЧ), сонячні батареї і т. Д. Бортові еталони часу і частоти забезпечують практично синхронне

випромінювання навігаційних сигналів усіма супутниками, що необхідно для реалізації режиму пасивних віддалемірних вимірювань в апаратурі споживачів.

- ефемеридне і частотно-часове забезпечення НС; моніторинг радіонавігаційного поля;
- радиотелеметрический моніторинг НС;
- командне і програмне радіоуправління функціонуванням НС. Під ефемеридним забезпеченням розуміють визначення і прогноз параметрів руху всіх НС за допомогою наземних засобів та передачу цієї інформації («закладка») на НС з метою її подальшої передачі в навігаційному повідомленні споживачам.

Частотно-часове забезпечення означає визначення і прогноз відхилень бортових шкал часу НС від системної шкали часу і «закладка» на борт НС частотно-тимчасових поправок (ЧВП) з цілю подальшої їх передачі в навігаційному повідомленні споживачам.

Навігаційна апаратура споживачів (НАП) призначена для прийому і обробки радіосигналів НС з метою визначення необхідної споживачам інформації (просторово-часових координат, напрямку і швидкості, просторової орієнтації і т. П.). Зазвичай використовують двоетапне рішення задачі НВО. На першому етапі формують оцінки параметрів радіосигналу - затримки і доплерівського змішання частоти, і беруть із сигналу навігаційне повідомлення, що містить, в тому числі, інформацію про параметри руху НС. На другому етапі розраховують координати споживача і складові його вектора швидкості.

Області використання НАП СРНС неухильно розширюються і в даний час охоплюють авіацію, мореплавання, залізничний та автомобільний транспорт, геодезію і картографію, геодинаміку і сейсмологію, військова справа, космонавтику, сільське господарство, системи зв'язку і телекомунікацій і т.д.

Фактори, що впливають на точність навігаційно-часового забезпечення. У приймачі навігаційних сигналів визначення псевдо засноване на вимірі запізнювання обвідної прийнятого сигналу щодо моменту її випромінювання. Вимірювання засноване на фіксації тимчасового положення максимуму

взаємної кореляційної функції прийнятого сигналу і опорного, який формується в приймачі. Виміряна таким чином псевдодальностей відрізняється від істинного відстані між НКА і приймачем внаслідок впливу різних чинників.

Точність позиціонування багато в чому залежить від геометричних факторів: взаємного розташування НКА робочого сузір'я і похибки пов'язаної безпосередньо з визначенням геометричній дальності між двома точками. Важливою умовою досягнення високої точності навігаційних визначень в СРНС є таке взаємне просторове положення НКА і споживача, при якому забезпечується необхідна точність навігаційно-тимчасових визначень при заданому рівні похибок вимірювання псевдодальностей. Коефіцієнт геометрії КГ є мірою зменшення точності навігаційних визначень в СРНС. Мінімальне значення АГГ = 1,5 досягається в разі, якщо споживач знаходиться в центрі правильного тетраедра [61].

Визначення геометричної дальності між приймачем і НКА так само впливає на точність НВО. Даний вид похибки обумовлений як несинхронно ходу годинника в приймачі з системним часом СРНС, а так же взаємним переміщенням НКА і приймача один щодо одного.

При поширенні від НКА до споживача сигнал проходить шари атмосфери: іоносферу і тропосферу, які суттєво впливають на час поширення сигналу.

При роботі приймача сигналів СРНС на його вхід, крім навігаційних сигналів надходять сигнали, переотражені від місцевих предметів. Це призводить до зміщення максимуму кореляційної функції опорного сигналу з надійшла сумішшю вхідних сигналів. Даний вид похибок називається похибкою многолучёвого поширення.

Так само на точність позиціонування впливають релятивістські ефекти, зумовлені обертанням орбітального угруповання СРНС на орбітах заввишки більше 20 ТОВ метрів.

При передачі навігаційних сигналів і їх прийомі в апаратурі споживача так само виникає ряд затримок, обумовлених конструкцією передавального і приймального обладнання.

Надійність. Під надійністю навігаційного забезпечення розуміється ймовірність виконання завдань системою «екіпаж - транспортний засіб». Залежно від цілей дослідження, в якості таких завдань зазвичай розглядаються:

- знаходження рухомого об'єкту в межах паралелепіпеда безпеки зі сторонами, визначеними нормами безпечного ешелонування (безпека руху);

- витримування програмної траєкторії руху або висновок рухомого об'єкту на заданий пункт за місцем і в призначений час (оцінка якості управління рухом).

- Відповідно до цього перший співмножник формули Р пр {А} враховує: безвідмовність роботи навігаційної апаратури; -конструктивні обмеження в області застосування засобів; пропускну здатність навігаційної апаратури; можливість виявлення і впізнання зовнішніх джерел навігаційної інформації; здатність нормального функціонування системи в умовах впливу штучних і природних перешкод різної інтенсивності [66].

3. РОЗРОБКА СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ВІДПОВІДАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ПОЇЗДІВ

3.1. Завдання розробки технічних систем. Розробка систем автоматичного управління

Створення і вдосконалення систем автоматичного управління (САУ) на транспорті є однією з важливих проблем, вирішення якої багато в чому визначає рівень розвитку науки і техніки [70]. На перший план виходить завдання створення якісно нових САУ, що забезпечують високу надійність роботи, точність управління і адаптації. З жорсткістю умов експлуатації систем управління висувуються додаткові вимоги до їх якісними показниками.

Завдання синтезу системи автоматичного управління (САУ) розглядається як задача визначення структури і параметрів моделі системи, що забезпечує функціонування системи із заданою якістю при наявності впливають впливів і заданих обмеженнях [71].

Велика увага при синтезі будь-САУ приділяється вибору рішень, які багато в чому визначають якість синтезованої системи. Причому при вирішенні задачі синтезу багатоланкових систем, до яких відносяться САУ, їх кінцевий стан є результатом окремих рішень, прийнятих поетапно для кожної ланки (субсистема) [72].

Рішення завдання синтезу цілком залежить від коректності постановки задачі. Некоректно поставлена задача, неправильно обране рішення вже на стадії математичного моделювання можуть привести до значної похибки САУ. Перед вибором рішення повинен бути проведений аналіз питань, що уточнюють постановку задачі [73]. В результаті повинні бути визначені:

- модель досліджуваного вхідного процесу або його імовірнісних характеристик;
 - клас моделей, в якому шукається оптимальна модель САУ;
 - моделі впливають величин або їх імовірнісних характеристик;
- критерій оптимальності;

-функції обмежень.

Основними показниками якості для САУ є точність, надійність, стійкість, зручність експлуатації, габаритні розміри, електроспоживання і т.д. Коли пред'являються високі вимоги до достовірності відпрацювання управління, визначальним показником якості є точність. Вона служить функцією мети при синтезі САУ. Решта показників і, в першу чергу такий, як надійність, є обмежуючими. У цьому випадку основне завдання синтезу САУ складається в реалізації оптимальної точності і виконанні умов фізичної можливості бути реалізованим, достатньої надійності, допустимих габаритних розмірів, маси і т.д. Перевищення величини оптимальної точності може привести до різкого зниження інших якісних показників і в результаті - до непридатності САУ для роботи в реальних умовах.

При синтезі транспортних людино-машинних систем особливе значення має розробка адаптивних систем взаємодіючих не тільки з технічними пристроями, але і з людиною.

Постійно зростаючий вантажо-і пасажирооборот на всіх видах транспорту змушує посилювати заходи забезпечення безпеки. Уже недостатньо дотеперішніх заходів і способів контролю і управління рухомими об'єктами. В умовах тісної взаємної інтеграції людини і технічних пристроїв, потрібне застосування сучасних перспективних технологій. Одним їх перспективних напрямків розвитку теорії автоматичного управління є синтез адаптивних систем контролю і управління, в тому числі і за участю людини.

Область застосування адаптивних САУ - це управління об'єктами, властивості і умови роботи яких недостатньо відомі або істотно непостійні. У цих умовах звичайна система або буде працювати незадовільно, або зажадає постійного нагляду.

Адаптивні системи на відміну від систем з постійними параметрами здійснюють автоматичне підстроювання параметрів коригувального пристрою під змінні параметри датчиків, забезпечуючи тим самим виконання основної умови корекції в процесі нормального функціонування систем [74]. Адаптивні

системи від інших відрізняє наявність контуру управління коригуючих пристроєм. Він виконує операції визначення характеристик сигналів системи в процесі її нормального функціонування і перетворення отриманих результатів визначень в певний поточний критерій управління з його подальшою реалізацією. Спільно функціонуючі пристрій управління основне і пристрій управління адаптації є аналогом регулятора в неадаптивній системі і складають керуючий пристрій адаптації САУ. Адаптивна САУ містить 2 контуру управління:

Контур, утворений пристроєм управління основним і об'єктом управління є основним контуром управління і являє собою звичайну САУ.

Контур, який включає пристрій управління основне, пристрій управління адаптацією і об'єкт є контуром адаптації. У контурі адаптації вимірюється зовнішній вплив a (Y), обурення $/(/)$, вхідні $ц$ (ϕ і вихідна величини об'єкта p (7). За цими даними визначається значення критерію якості управління, який є функцією багатьох змінних $U'TaXДц$). Для контуру адаптації об'єктом управління є вся основна САУ. Контур адаптації утворює другий рівень управління, другий поверх над основною САУ.

Пристрій управління адаптацією керує основним керуючим пристроєм, змінюючи його структуру або значення параметрів відповідно до зміни зовнішніх умов роботи і властивостей об'єкта. Можливі багатоступінчасті САУ, у яких кожний наступний рівень управляє попереднім, підвищуючи якість роботи системи.

Залежно від алгоритму роботи пристрій визначає відхилення поточного критерію якості K_x від бажаного K ; до і впливає на УУО так, щоб ліквідувати це відхилення.

Характерною особливістю адаптивних систем є те, що в них виконуються одночасно процеси вимірювання, корекції і управління. Системи при цьому працюють в двох режимах - режимі навчання, в якому реалізуються алгоритми управління, і режимі вимірювання (включаючи корекцію). У режимі навчання процес можна вважати завершеним, коли побудована оптимальна модель

базової субсистема, що відповідає основній умові корекції. У цьому випадку режим вимірювання завершується отриманням оптимальних оцінок процесу на вході САУ [76].

Застосування адаптивних САУ в системах управління і контролю дозволить істотно підвищити безпеку руху як в повністю автоматичних системах, так і в системах з участю людини.

Залізничний транспорт є однією з найбільш швидко розвиваються галузей транспорту і потребує перегляду існуючих на сьогоднішній день способів організації руху і забезпечення безпеки. Оптимізація і ущільнення залізничного трафіку дозволить отримати колосальні економічні вигоди, але для цього потрібно значно підвищити рівень контролю руху поїздів.

Сучасні системи інтервального регулювання і забезпечення безпеки руху поїздів контролюють рух за допомогою датчиків на шляху і мають фіксовані блок-ділянки для інтервального розмежування.

Вони мають ряд суттєвих недоліків. По-перше, при проектуванні і строїтельстві лінія розбивається на блок-ділянки з урахуванням найгірших гальмівних характеристик звертаються тут поїздів. Це не дозволяє в повній мірі використовувати резерви пропускної спроможності ділянки для інших поїздів з кращими гальмівними характеристиками. Крім того, при збільшенні допустимих швидкостей руху або типу рухомого складу може виникнути необхідність кардинальної реконструкції інфраструктури СЦБ для нових умов експлуатації. По-друге, гальмівний шлях розраховується не відносно хвоста попереду поїзда, що йде, а щодо світлофора із заборонним показанням, що захищає зайняту блок-ділянку. Очевидно, що при русі коротких рухливих одиниць не використовуються резерви пропускної спроможності лінії [77].

Завдяки використуванню сучасним бортовим системам безпеки, супутникової навігації та цифрового радіоканалу інфраструктура СЦБ адаптується до різних експлуатаційних потреб. Розробка концепції багаторівневої системи управління і забезпечення безпеки руху поїздів на основі сучасних технологій дозволить ущільнити залізничний трафік і

забезпечити безпеку руху на високих, понад 200 км / год, швидкостях [78].

В рамках даного дослідження розроблені технічні пристрої і алгоритми автоматичного контролю відповідальних параметрів, призначені для підвищення безпеки руху поїздів. Запропоновано такі технічні пристрої: «Пристрій адаптивної корекції дій оператора транспортного засобу» [36], «Пристрій виявлення небезпечного зближення поїздів, що прямують в одному напрямку» [79]; розроблені системи підвищення безпеки руху транспортних засобів: «Система моніторингу стану рухомих об'єктів »[80], « Система інтервального регулювання руху поїздів »[81].

3.2. Підвищення якості управління автоматизованими системами

Управління є процесом систематичного впливу на об'єкт для досягнення заданої мети. Вибір і формулювання мети залежить від багатьох чинників і має задовольняти безлічі різних умов. Завдання підвищення якості управління зводиться до вибору найбільш оптимального вирішення поставленого завдання з безлічі можливих. Найкращий варіант відповідає екстремуму показника якості (максимуму або мінімуму в залежності від типу розв'язуваної задачі). Показники якості являють собою функції або функціонали, що мають значення цільових функцій або функціоналів. Цільові функціонали розглядають, як функції де незалежними змінними є вектори, що характеризують варіанти [82]. У загальному вигляді показник якості для певного виду рішення можна представити у вигляді умовного математичного очікування:

$$J(c) = \int Q(x, c) p(x) dx,$$

де $Q(x, c)$ - функціонал вектора $z = (c_1, \dots, c_N)$, що залежить від вектора випадкових послідовностей $x = (x_1, \dots, x_m)$, щільність розподілу якого дорівнює $p(x)$, X - простір векторів x . Всі вектори подаються столбцовою матрицями.

Рішення завдання підвищення якості управління вимагає знання початкової інформації про зрівняння руху системи, про критерії оптимальності, про існуючі обмеження і властивості зовнішніх впливів. При наявності достатньої апріорної інформації, тобто після з'ясування критерію оптимальності та визначення обмежень можна визначити явне вираження для функціоналу \hat{c} (с). Рішення завдання оптимізації зводиться до визначення такого вектора $z = z^*$ (оптимального), який при заданих обмеженнях доставляв би функціоналу \hat{c} екстремальні значення.

Для вирішення завдання оптимального адаптивного управління в одновимірній безперервній системі критерій оптимальності відповідає мінімуму показника g_2 .

Прийоми пошуку рішення задачі оптимального управління різноманітні і охоплюють аналітичні та алгоритмічні методи.

Аналітичний підхід до вирішення завдання оптимального управління дозволяє отримати явний результат у вигляді формул, в той же час це досягається завдяки значним спрощенням моделі управління. Аналітичний підхід застосуємо для рішення щодо простих завдань, які можуть бути сформульовані за умови значної ідеалізації завдання.

Алгоритмічні методи, що виникли на базі рішень різного роду рівнянь, не дають явного формульного рішення, а лише представляють алгоритм дій, здійснення якого призводить до шуканого результату.

Від вибору параметрів вектора z залежить ймовірність того, що до-я компонента вектора лежить поза допустимих меж, визначених інтервалом $[a_{k-1}, a_{k-2}]$, ак.2 \, тобто

$$P_k(c) = P\{y_k \notin [a_{k-1}, a_{k-2}]\},$$

$$\text{де } y_k = f_x(x, \Phi(x), c).$$

Якість управління повністю визначається вектор функцією $P(c) = [P_1(c), \dots, P_l(c)]$, і завдання оптимального управління можна сформулювати як задачу визначення такого вектора $z = z^*$, при якому функціонал

$$J(c^*) = \min_{c \rightarrow c^*} M_k \{P_k(c)\}, k \in 1;l$$

досягає мінімуму.

Для пошуку максимального значення критерію оптимальності можна скористатися алгоритмами екстремального керування. Побудова екстремальних систем управління зазвичай засноване на застосуванні того чи іншого виду пошукових коливань. Пошукові коливання дозволяють визначити напрямок руху по екстремальній характеристиці.

В роботі підвищення якості управління автоматизованими системами реалізовано як аналітичними, так і алгоритмічними методами.

Аналітичний підхід до підвищення якості керуючих впливів застосовувався при проектуванні ергатичній системи «Пристрій адаптивної корекції дій оператора рухомого об'єкта». Застосування аналітичних методів дозволило в формульному вигляді отримати алгоритм функціонування пристрою, але математична модель оператора і пристрої була істотно спрощена. Для спрощення моделі людина-оператор був представлений як лінійне стаціонарне динамічне ланка системи, що не дозволяє враховувати здатності оператора до адаптації і екстраполяції. Для спрощення аналізу була прийнята схема послідовної корекції.

При проектуванні складних багатовимірних систем застосовувалися алгоритмічні методи підвищення якості управління. На основі вимог, що пред'являються в сфері транспортної безпеки, були розроблені алгоритми функціонування систем і пристроїв, які дозволили провести синтез структурних схем. Оптимізація управління проводилася за структурою проєктованих систем і пристроїв.

3.3. Розробка ергатичних систем забезпечення безпеки на залізничному транспорті

Система моніторингу виникнення критичних і передвідмовних станів рухомих об'єктів. Система моніторингу стану рухомих об'єктів являє собою сукупність елементів контролю і управління рухомого об'єкту і призначена для збільшення ступеня безпеки роботи ПЗ за допомогою впровадження систем контролю стану електромеханічних параметрів транспортного засобу і біологічних параметрів оператора, постійного моніторингу місця розташування об'єкта за допомогою супутникових радіонавігаційних систем, оперативного обміну інформацією РО з центральним керуючим пунктом [83].

Пропонована система моніторингу стану рухомих об'єктів відрізняється від аналогів можливістю обміну інформацією між пунктом диспетчерського контролю та рухомих об'єктом за допомогою навігаційних космічних апаратів глобальних супутникових радіонавігаційних систем.

При використанні системи моніторингу стану рухомих об'єктів досягається:

- а) безперервний контроль РО з боку керуючого пункту;
- б) реагування на появу передотказних, критичних і аварійних станів ПО як оператора, так і диспетчерів різних рівнів;
- в) можливість дистанційного керування РО;
- г) оповіщення менеджерів всіх рівнів про характер і місці події, в разі аварії.

Система моніторингу стану рухомих об'єктів вирішує завдання постійного моніторингу стану РО за допомогою супутникових радіонавігаційних систем. Обмін даними між РО і диспетчерським пунктом може здійснюватися так само за допомогою багатофункціональних навігаційних космічних апаратів.

Пункт диспетчерського управління, розташований в центрі управління перевезеннями, складається з диспетчерського пульта управління, що включає в себе систему оповіщення персоналу, що управляє. Пункт диспетчерського управління виконує функції постійного моніторингу та запису на магнітний носій інформації про стан електромеханічних вузлів РО, медичних показань стану

оператора РО, місцезнаходження РО. У разі настання передбачених або критичних станів РО керуючий персонал оповіщається за допомогою системи оповіщення 17, організованої за допомогою дротового або радіозв'язку з використанням існуючих інформаційних каналів.

Рухомий об'єкт являє собою ергатичних систем оператор-транспортна засіб. У вузлах і агрегатах транспортного засобу розташовані, системи датчиків виникнення критичних і передбачених станів електромеханічної частини ПО. Безпосередньо в кабіні оператора встановлений комплекс датчиків контролю фізіологічних показників стану оператора.

Дані про стан ПО постійно знімаються комплексом датчиків і аналізуються в пристрої первинної обробки та зберігання інформації. Інформація про стан електромеханічної частини транспортного засобу знімається за допомогою комплексу датчиків, аналізується в пристрої первинної обробки та зберігання інформації, надходить на пульт управління оператора ПО і передається на пульт диспетчерського контролю. У разі настання передбаченого або критичного стану одного або декількох параметрів електромеханічної частини ПО інформація про вид відмови і його можливу причину надходить на пульт управління оператора ПО і на пункт диспетчерського управління.

Дані фізіологічних показників стану оператора транспортного засобу знімаються в реальному масштабі часу за допомогою системи датчиків, так само проходять первинну обробку і передаються на диспетчерський пункт управління. Дані, що отримуються за допомогою системи медичних датчиків дозволяють судити про психофізіологічному стані оператора в момент управління ПО. У разі відхилення параметрів стану оператора від допустимих меж на диспетчерському пункті керування приймається рішення про наступні дії:

- а) передача управління ПО дублерів оператора;
- б) використання автоматичних або дистанційних засобів ведення ПО;
- в) зупинка ПО.

Система обміну інформацією між диспетчерським пунктом управління і ПО

може бути організована як за допомогою наземної дротового або радіозв'язку, так і за допомогою супутникового радіозв'язку, організованої через багатофункціональні навігаційні космічні апарати глобальних супутникових радіонавігаційних систем.

Постійний контроль місця розташування ПО здійснюється за допомогою глобальних супутникових радіонавігаційних систем - 13.

У момент включення система починає процес самодіагностики. У разі якщо не виявлено збоїв в роботі, система виробляє визначення місцеположення рухомого об'єкту. Після того як встановлено місце розташування ПО з пункту диспетчерського контролю надходить запит про стан його електромеханічної частини та стан оператора. У разі якщо стан транспортного засобу і його оператора відповідають встановленим нормам, оператору надходить сигнал дозволяє почати рух. Після початку руху системи діагностики стану і визначення місця розташування ПО переходять в режим постійного моніторингу і починають передачу даних контролю [79].

Застосування системи моніторингу стану рухомих об'єктів забезпечує:

- отримання в реальному масштабі часу достовірної інформації про транспортний засіб, і про стан оператора;
- постійний контроль місця розташування ПО;
- своєчасне інформування про настання аварійної ситуації і розташування ПО;
- інформування про надзвичайну ситуацію менеджерів всіх рівнів.

3.4. Пристрій адаптивної корекції дій оператора транспортного засобу

Вплив людини-оператора на транспорті особливо яскраво проявляється в критичних ситуаціях. Людський фактор виражається в неадекватних діях операторів, які управляють об'єктами, а також в неписьменних діях або недбалому ставленні працівників служб, що забезпечують безпеку руху [13]. На якість прийнятого оператором рішення по управлінню рухомим об'єктом впливають: а) мотивація виконання вимог, що пред'являються до оператора

(дисциплінованість); б) досвід і натренованність до дій в складних умовах управління; в) повнота вихідної інформації для прийняття рішення; г) психофізіологічні особливості оператора; д) ергономічність системи управління рухомим об'єктом.

Будь-яке прийняте оператором рішення по управлінню об'єктом носить суб'єктивний характер, і формалізувати логіку його прийняття неможливо. Поки не представляється можливим виробити правила (закони) логічного мислення, якими повинен керуватися оператор в різних обставинах [84].

Вплив людського фактора на систему управління рухомим об'єктом можливо враховувати за допомогою безперервного контролю психофізіологічного стану, а також розробкою і впровадженням моделей поведінки операторів на основі збору і аналізу статистичних даних про їх поведінку в умовах аварійних ситуацій.

Методи та інструментальні засоби сучасних медичних технологій дозволяють ефективно виконувати спостереження за станом людини. Особливу увагу привертає використання методик прогностичної оцінки станів, заснованих на принципах стеження за системними показниками організму. До подібних показників можна віднести характеристики протікання регуляторних процесів в фізіологічних системах організму і, зокрема, показники активності процесів вегетативної регуляції в серцево-судинній системі [36].

Аналіз впливу оператора на органи управління рухомим об'єктом можна виконати методами системного аналізу і математичного моделювання. На цій основі створюється математична модель оператора. Людина представляється у вигляді складного динамічного ланки, параметри передавальної функції якого залежать від психофізіологічних параметрів організму.

Застосовувані методи математичного моделювання повинні допускати можливість опису діяльності людини і роботи машини за допомогою єдиних показників і характеристик.

Для побудови математичних моделей діяльності операторів в системах безперервного типу, наприклад, водіїв транспортних засобів, які відповідають

вимогам, викладеним в [36], можуть застосовуватися методи теорії автоматичного управління (ТАУ). З позицій ТАУ людина - оператор розглядається як елемент системи, що стежить, який представляється в даному випадку система "людина-машина". На роботу системи впливають динамічні зв'язки елементів системи один з одним і людиною. Процес аналізу системи складається з трьох етапів:

- встановлення критерію поведінки замкненої системи і визначення її передавальної функції;
- знаходження такої передавальної функції оператора, яка дозволила б отримати потрібну опцію всієї системи;
- проведення системи заходів (відбір, тренування операторів, відповідне оформлення технічної частини система "людина - машина"), що забезпечують необхідну функцію оператора [85].

При вирішенні цих завдань необхідно враховувати особливості людини як ланки системи управління: одноканальний, обмеженість смуги пропускання, недостатню точність роботи, нестабільність

коефіцієнта посилення, внесення перешкод. Як правило, врахувати всі ці особливості буває важко, тому на практиці використовують спрощені моделі діяльності оператора.

За допомогою аналогових математичних моделей оператора його дії описуються приблизно. Ці моделі не враховують можливості оператора до його екстраполяції і адаптації, активний характер його дій і дискретність сприйняття їм інформації.

Одна з математичних моделей тренуваного оператора, використовуваних в теорії автоматичного управління при синтезі керуючих систем за участю людини, являє собою складну динамічну разомкнуту систему з передавальної функцією [86]:

$$W_0(p) = \frac{k_0 (T_{01} p + 1)}{(T_{02} p + 1)(T_{03} p + 1)} e^{-T_{04} p},$$

де $k_0 = 40 \dots 100$ - коефіцієнт передачі пропорційного ланки, що описує м'язові

зусилля оператора під час керування рухомого об'єкта;

$$W_{01}(p) = T_{01}p + 1, \quad T_{01} = 0,25 \dots 2,5 \text{ с}$$

передавальна функція форсує ланки, що визначає здатність оператора компенсувати запізнювання його реакції і інерцію в освіті ефективних дій описує здатність оператора передбачати зміни сигналів управління.

$$W_{02}(p) = 1 / (T_{02}p + 1), \quad T_{02} \approx 0,1 \text{ с} -$$

передавальна функція аперіодичної ланки, що описує інерційність розумових процесів оператора;

$$W_{03}(p) = 1 / (T_{03}p + 1), \text{ где } T_{03} = 0,6 \dots 2 \text{ с, -}$$

де $T_{03} = 0,6 \dots 2 \text{ с, -}$

передавальна функція аперіодичної ланки, що описує інерційність дій оператора при фільтрації подій;

$$W_{04}(p) = \exp(-T_{04}p), \text{ где } T_{04} = 0,13 \dots 0,2 \text{ с, -}$$

передавальна функція ланки з запізненням, що описує запізнювання дій оператора, щодо отриманих команд; p - комплексна змінна в перетворенні Лапласа.

Найбільш пристосований оператор до виконання функцій підсилювальної ланки, смуга пропускання якого не перевищує 0,5 Гц. Такі функції потрібно практично виконувати при директорпом управлінні [86].

Крім детермінованих впливів на органи керування транспортним засобом,

оператор здійснює їх випадкові переміщення, що викликаються дією різних факторів. При аналітичних дослідженнях, можна вважати, що випадкові впливи, що задають, що виробляються оператором в процесі управління рухомого об'єкту, формуються з білих шумів Ψ) за допомогою лінійних або нелінійних стаціонарних або нестаціонарних формують фільтрів [87].

Авторами [36] пропонується адаптивна корекція динамічних характеристик регулятора відповідно до психофізіологічних станом оператора. Цей спосіб базується на основі моделі (3.4) людини, як суб'єкта системи управління рухомим об'єктом.

Синтез системи адаптивної корекції керуючих впливів На систему управління рухомим об'єктом людина впливає за допомогою маніпулятора. У загальному випадку маніпулятор являє собою складну динамічну ланку, що враховує особливості управління об'єктом. Тут розглядається корекція впливів, які формуються оператором. Тому маніпулятор вважається пропорційним ланкою.

Для врахування впливу параметрів оператора як динамічної ланки послідовно між маніпулятором і оператором включається коригуючий пристрій.

Оператор в цій системі - апріорі нестаціонарна ланка. Для досягнення незалежності в часі коефіцієнтів характеристичного многочлена передавальної функції системи оператор - коригуючий пристрій-маніпулятор.

В результаті корекції замість динамічних ланок з передавальними функціями [45, 58] повинні бути отримані ланки з передавальними функціями $W_{ji}(p)$, $i = 1, 2, 3, 4$, такого ж виду, як і функції але з постійними, незалежними від стану оператора параметрами T_{ji} .

$$W_{ji}(p) = L \{ W_{0i}(p), W_{ki}(p) \}, \quad i = 1, 2, 3, 4,$$

L - деяка лінійна операція над відповідними передавальними функціями; $1 \notin K1$
 $\{p\}$ - передавальні функції коригувальних ланок. При послідовній корекції

передавальні функції коригувальних ланок $T_{к.1}$, $T_{к.2}$, $T_{к.3}$

- для ланки:

$$W_{к1}(p) = (1 + T_{ж.1}p) / (1 + T_{к1}p);$$

- для періодичних ланок:

$$W_{кj}(p) = (1 + T_{к,j}p) / (1 + T_{ж,j}p), \quad j=2;3,$$

де постійні часу коригувальних ланок $T_{к.1}$, $T_{к.2}$, $T_{к.3}$ - регульовані сигналами від МУАК параметри відповідно до змін психофізіологічного стану оператора.

Для створення структури коригувальних ланок зі змінними параметрами доцільно скористатися набором з найпростіших динамічних ланок - пропорційного ланки з постійним або регульованим коефіцієнтом передачі, і інтегратора з одиничним коефіцієнтом передачі. З цих елементарних ланок можна отримати, застосовуючи зворотній зв'язок і паралельне включення, моделі апериодического і реального дифференцирующего ланок. Обмеженість смуги пропускання оператора дозволяє замість диф. ланки застосовувати реальну диференційну ланку з великою постійною часу.

Корекція ланки з запізненням. При послідовної корекції бажана передатна функція коректируемого ланки з запізненням

$$W_{ж4}(p) = W_{04}(p)W_{к4}(p) = e^{-(T_{04}+T_{к4})p},$$

де $W_{к4}(p) = e^{-T_{к4}p}; \quad T_{ж4} = -(T_{04} + T_{к4});$

$T_{ж.4}$, $T_{к.4}$ - відповідно бажана затримка і затримка коригуючого ланки, яка

повинна змінюватися при зміні стану оператора.

Передавальну функцію $W_{k4}(p)$ представимо у вигляді ряду Маклорена:

$$W_{k4}(p) = 1 + \sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{i!} (pT_{k4})^i \right],$$

де $n > 0$ - ціле число, його значення залежить від необхідної точності апроксимації функції $W_{k4}(p)$.

Пристрій адаптивної корекції дій оператора транспортного засобу пропонується використовувати на тих РО, де від оператора вимагається генерувати високоточні керуючі впливу на протязі тривалого часу (робота навантажувачів, парковка автомобілів, посадка літальних апаратів і т.п.). Передбачається відключення коригуючої ланки від системи управління РО в разі виникнення непередбачених транспортних ситуацій з метою дати оператору необхідну свободу дій. При використанні пристрою адаптивної корекції на залізничних локомотивах передбачається його інтеграція з системою автоматичного управління гальмами (САУТ), а коригуючий вплив на систему управління буде виражатися в зниженні швидкості руху до безпечних значень.

3.5. Система інтервального регулювання руху поїздів

Суттєвим аспектом безпечного руху поїздів є інтервальний регулювання рух поїздів. В умовах постійно зростаючої щільності руху поїздів на залізниці необхідно використання сучасної надійної системи інтервального регулювання руху. В рамках проведеного дослідження розроблена корисна модель [81], вирішальна це завдання із застосуванням сучасних технологій.

Система інтервального регулювання руху поїздів (СІРДП) відноситься до області залізничної автоматики, і може бути використана на локомотивах, моторвагонних рухомих складах з метою підвищення безпеки регулювання руху поїздів, а також в системах інтервального регулювання з використанням

радіоканалу.

За прототип було прийнято існуючі системи інтервального регулювання руху поїздів, які використовують супутникові системи навігації [89].

Недоліком існуючих систем є відсутність можливості контролю цілісності складу під час руху і визначення швидкості руху та місця розташування відцепу в разі розчеплення поїзда.

Цей недолік знижує надійність і безпеку управління рухом поїздів. Сутність розробки полягає у визначенні координат початку і кінця складу без участі станційних пристроїв за допомогою застосування комплексного локомотивного пристрою безпеки (КЛУБ); у визначенні оптимального швидкісного режиму локомотива з урахуванням відстані до перешкоди і контролі його дотримання; у визначенні мінімально допустимого межпоездної інтервалу з метою підвищення інтенсивності руху; в розрахунку фактичної швидкості руху поїзда за даними від приймача сигналів супутникових радіонавігаційних систем; в можливості прийняття рішення про екстрене гальмування, в можливості взаємодії ютубі з системою автоматичного управління гальмами (САУТ), в можливості контролю цілісності поїзда шляхом організації додаткового радіоканалу (рис.3.1).

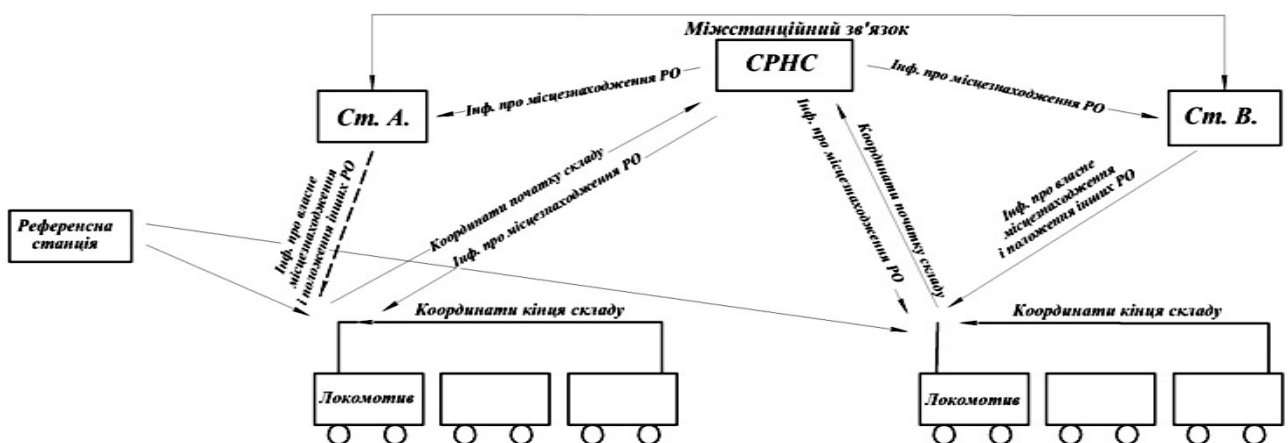


Рис.3.1. Принцип роботи системи інтервального регулювання руху поїздів

При використанні системи інтервального регулювання руху поїздів досягається безперервний контроль місця розташування поїзда із заданою точністю, збільшення інтенсивності руху за рахунок більш точного, в порівнянні з

системами інтервального регулювання руху, побудованих на основі підлогових пристроїв автоматики, визначення місця розташування поїздів, підвищення безпеки руху шляхом безперервного контролю межпоездної інтервалу, безперервний контроль цілісності рухомого складу. алгоритмічна схема роботи СІРРП представлена на рис.3.2

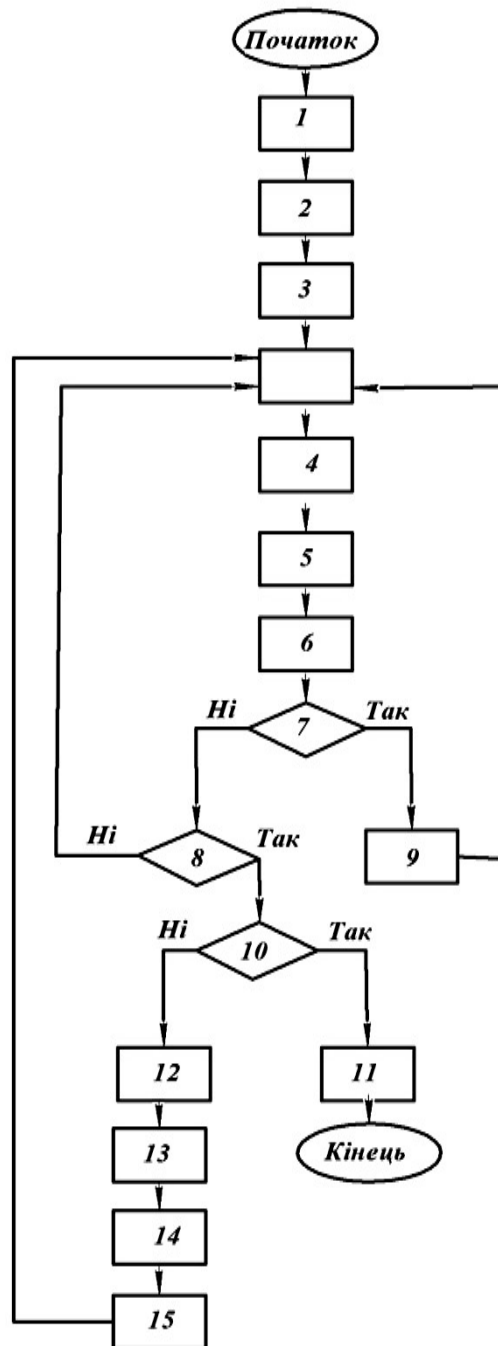


Рис.3.2. Алгоритмічна схема роботи системи інтервального регулювання руху поїздів (СІРРП)

Пояснення до алгоритмічної схеми функціонування СІРРП: 1 - Діагностика

програмного комплексу і обладнання диспетчерського пункту; 2 - позиціонування поїздів; 3 - Передача даних про місцезнаходження поїздів на локомотиви, станції, диспетчеру; 4 - Визначення відстані між сусідніми поїздами; 5 - Розрахунок допустимої швидкості руху з урахуванням ділянки шляху; 6 - передача даних на сусідні локомотиви, найближчі станції, диспетчера; 7- Умовний оператор: «межпоездної інтервали відповідають нормі»; 8 - Умовний оператор: «повторна перевірка даних проводилася»; 9 - Рух дозволено з колишньою швидкістю або більшою; 10 - Умовний оператор: «поїзд зупиняється на станції»; 11 - Виняток поїзда з системи; 12 - Визначення поїзда, якому необхідно зменшити швидкість або зупинитися; 13 - Обчислення необхідної інтенсивності гальмування; 14 - Сигнал про небезпечне зближення машиністу і диспетчеру; 15. Сигнал про гальмування на САУТ.

Система інтервального регулювання руху поїздів вирішує завдання підвищення безпеки та інтенсивності руху шляхом безперервного контролю місця розташування поїздів, контролю межпоездної інтервалів і цілісності складів.

На рис.3.3 представлена структурна схема пропонованої системи інтервального регулювання руху поїздів складається із залізничних станцій -1,2; супутникової радіонавігаційної системи 5; поїздів - 6, 7,8.

На залізничних станціях - 1, 2 встановлені станційні радіостанції - 3, 4. За допомогою радіостанцій - 3, 4 організовані виділені радіоканали 34, 35, 40, 41 для отримання і передачі інформації про місцезнаходження поїздів - 6, 7. Передача інформації про місцезнаходження залізничних складів - 6, 7 між залізничними станціями - 1, 2 проводиться з використанням дротових каналів межстанційної зв'язку - 30. на поїздах - 6, 7, 8 встановлено наступне ідентичне обладнання: на локомотиві - 9: мікропроцесорний пристрій обробки інформації - 11, у тому числі модуль порівняння швидкостей - 30 і модуль контролю безпеки - 31; комплексне локомотивне пристрій безпеки - 12, у тому числі поїзний радіостанцію - 13, приймач супутникових навігаційних сигналів - 14; на останньому вагоні - 10 встановлена радіостанція УКХ діапазону - 15; приймач супутникових навігаційних сигналів - 16.

Всі пристрої входять в систему інтервального регулювання руху поїздів починають працювати відразу після включення живлення. Перед кожною поїздкою в мікропроцесорний пристрій обробки інформації 11 заносять параметри руху рухомого складу, необхідні для роботи системи.

Під час руху рухомого складу - 7 приймачі супутникових навігаційних сигналів - 14, 16 розташовані на локомотиві - 9 і останньому вагоні - 10 відповідно, приймають навігаційні сигнали - 28, 29 супутникової радіонавігаційної системи - 5. Безпосередньо від приймача супутникових навігаційних сигналів - 14. Інформація - 17 про швидкість руху і розташування локомотива - 9 надходить в модуль порівняння швидкостей - 30 мікропроцесорного пристрою обробки інформації - 11, де перетворюється і передається в модуль контролю безпеки - 31. Інформація - 18 про швидкість руху і місцезнаходження останнього вагона поїзда - 10, від приймача супутникових навігаційних сигналів - 16 надходить в радіостанцію СВЧ діапазону - 15, де перетворюється і в вигляді радіосигналу - 19 передається на локомотивну радіостанцію - 13,

Інформація про параметри руху рухомого складу - 7 з мікропроцесорного пристрою обробки інформації - 11 надходить в поїзний радіостанцію - 13, де перетворюється і передається на станційну радіостанцію - 3 у вигляді радіосигналу - 22 по виділеному каналу.

Дані про параметри руху (місце розташування та швидкості руху локомотивів і останніх вагонів) поїздів - 6, 8 надходять у вигляді супутникових навігаційних сигналів - 24, 25, 26, 27 на поїзні приймачі супутникових навігаційних сигналів, аналізуються аналох'ічним чином і надходять у вигляді радіосигналів - 21, 23 на станційні радіостанції - 3,4.

По виділених каналах міжстанційного дротового зв'язку - 30 відбувається обмін даними про параметри руху поїздів - 6, 7, 8. Інформація про параметри руху йде попереду і подальшого поїздів перетворюється в станційної радіостанції - 3 і в вигляді радіосигналу - 22 надходить на поїзний радіостанцію - 13, звідки передається в мікропроцесорний пристрій обробки інформації - 11.

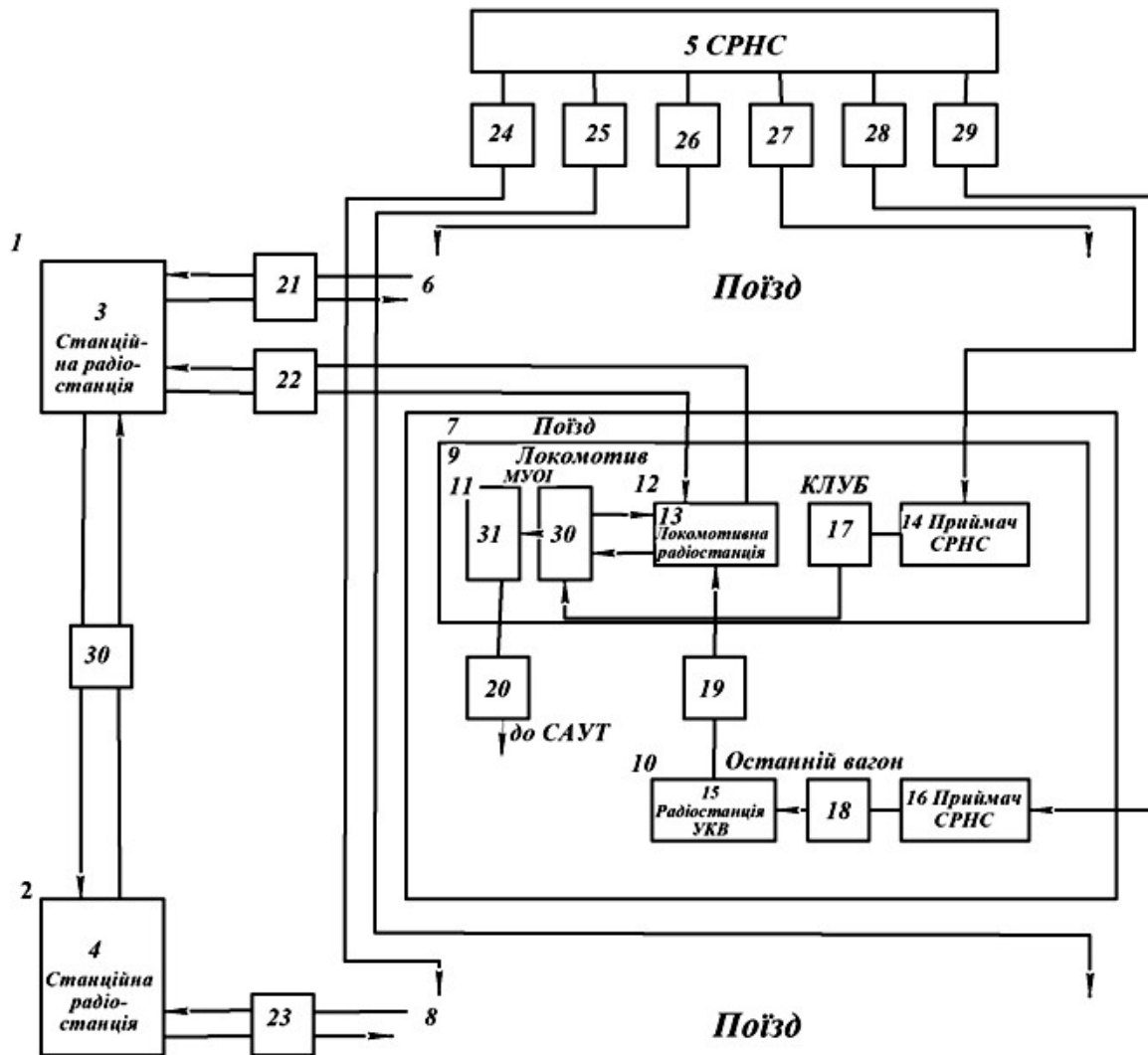


Рис.3.3. Система інтервального регулювання руху поїздів

У модулі контролю безпеки - 31 мікропроцесорного пристрою обробки інформації - 11 виробляється обчислення міжпоездної інтервалів щодо йде попереду і подальшого поїздів. На підставі значень обчислених міжпоездної інтервалів, параметрів ділянки залізничної колії приймається рішення про рух з колишніми параметрами або екстремому гальмуванні поїзда.

3.6. Порівняльний аналіз способів фільтрації сигналів датчиків проходу коліс

Робота датчика проходу коліс в складі АКПСА. Однією з частих причин

простою поїздів є помилкове спрацювання засобів залізничної автоматики, зокрема, апаратури контролю рухомого складу на ходу поїзда. Часто має місце помилкове спрацювання підлогових камер КТСМ призначених для виявлення перегрітих букс. Спрацювання підлогових камер відбувається внаслідок попадання на них сонячного світла, гарячої води, що зливається з вагонів поїзда, і т.п. [90] При попаданні на детектори підлогових камер сонячного світла або його відблисків відбувається реєстрація датчіками-болومتر цих теплових перешкод, що призводить до помилкового спрацювання апаратури КТСМ. Рішення завдання захисту від подібних помилкових спрацювань полягає в тому, щоб відкривати підлогову камеру саме в момент проходження над нею букси і не фіксувати впливу різних зовнішніх факторів (рис.3.4.). На рис.3.4. показана тимчасова діаграма роботи підлогових камер КТСМ, де а) - імпульси, що генеруються ДПК; б) - час проходження візка вагона; в) - час роботи підлоги камери по сигналам ДПК; г) - час роботи підлоги камери по сигналам ДПК після фільтрації. Моменти часу t_1 і t_2 відповідають часу початку відкривання і закривання підлоги камери, моменти часу t_3 і t_4 часу фактичної генерації імпульсів ДПК.

Можливість більш точної роботи на відкривання і закривання підлоги камери з'явиться, якщо максимально узгодити моменти відкриття і закриття підлогових камер з часом проходження букси в поле зору оптичної системи. В даний час на українських залізницях механізм часової прив'язки відкривання підлогових камер до руху поїзда здійснюється за допомогою сигналів датчиків проходження осей. Таким чином, якщо з високою точністю фіксувати проходження осі вагона, з'являється можливість відкривати підлогову камеру з мінімальним тимчасовим запасом.

Сигнали, одержувані з датчиків проходження осей, являють собою адитивну суміш сигналу і високочастотних перешкод. Використовуваний механізм виділення корисних сигналів заснований на перевищенні сигналом певного порогового значення по амплітуді. В даний час не здійснюється будь-якої фільтрації забезпечує збільшення відносини сигнал / шум сигналу. Через

перелічених обставин підлогові камери спрацьовують з певним запасом по часу, що негативно позначається на точності виявлення критичних станів. У той же час, саме фільтрація сигналу (тобто його відновлення за критерієм максимального відношення сигнал / шум) дозволить більш точно визначати час проходження осі вагона над датчиком і формувати більш короткий, відповідний дійсному проміжку часу проходження букси, стробіруючий імпульс.

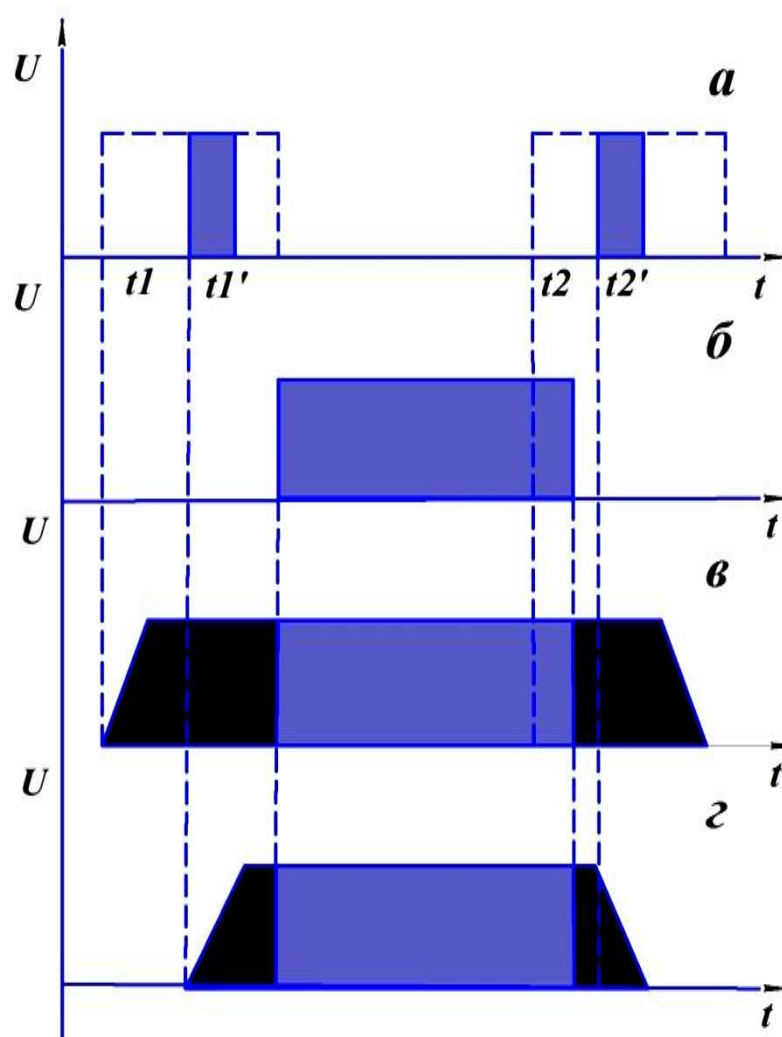


Рис.3.4. Часова діаграма роботи підлогових камер комплексу технічних засобів моніторингу (КТЗМ)

Так само, слід зазначити, що амплітуда імпульсів генеруються ДГЖ прямо пропорційна швидкості проходження колеса. При середньому рівні перешкод порядку 5В не представляється можливим з високою вірогідністю фіксувати прохід залізничних одиниць рухаються із швидкістю менше 20 км /

год. У разі невиявлення проходу колеса в апаратурі КТСМ порушується режим роботи підлогових камер, що призводить до екстреної зупинки поїзда. Таким чином, для достовірного виявлення проходу колісної пари на низьких швидкостях потрібно виробляти фільтрацію сигналів ДГЖ.

В рамках дослідження проведено порівняльний аналіз ефективності застосування різних фільтрів низьких частот (ФНЧ) і методу шумозаглушення заснованого на принципах вейвлет аналізу для придушення високочастотних перешкод в досліджуваних сигналах.

ДПК формує електричні сигнали при проході над ним колеса залізничної одиниці. Принцип його роботи заснований на виникненні електрорушійної сили $\mathcal{E} = \dot{\Phi}$ (0 в обмотці датчика під час замикання магнітного ланцюга магнітопровода датчика ребордами коліс колісної пари при проході рухомий залізничної одиниці [26]. З виходу ДГЖ знімається електричний біполярний імпульс, тривалість і амплітуда якого визначаються конструкцією датчика і швидкістю руху колісної пари.

Використовувані методи обробки сигналів. Цифрова обробка сигналів надає постійно зростаючий вплив на ключові галузі сучасної промисловості: телекомунікації, засоби інформації, цифрове телебачення тощо. Цифрова обробка сигналів (ЦОС або DSP - digital signal processing) працює з дискретними величинами, причому з квантуванням як за координатами динаміки своїх змін (за часом, в просторі, і будь-яким іншим змінним параметрами), так і по амплітудним значенням фізичних величин [91]. Стимулом швидкого розвитку систем і алгоритмів ЦОС є і те, що вартість цифрової обробки даних нижче аналогової і продовжує падати, навіть при дуже складних її видах, а продуктивність обчислювальних операцій безперервно зростає. Важливим є також і те, що системи ЦГЗ відрізняються високою гнучкістю.

Основою алгоритмів цифрової обробки досліджуваних сигналів є перетворення Фур'є (ПФ) [92]. ПФ широко застосовується в алгоритмах цифрової обробки сигналів (його гомоморфізми застосовуються в стисненні звуку в MP3, стиснення зображень в jpg і ін.), А також в інших областях,

пов'язаних з аналізом частот [93]. Для вирішення практичних завдань використовують одновимірні, двовимірні і тривимірні перетворення [94].

Сигнали формуються ДПК. Виходячи з особливостей формування сигналів ДПК, можна вказати, що час спостереження сигналів датчика від i -го вагона потрапляє в тимчасове вікно тривалістю 0 , (рис.3.5.)

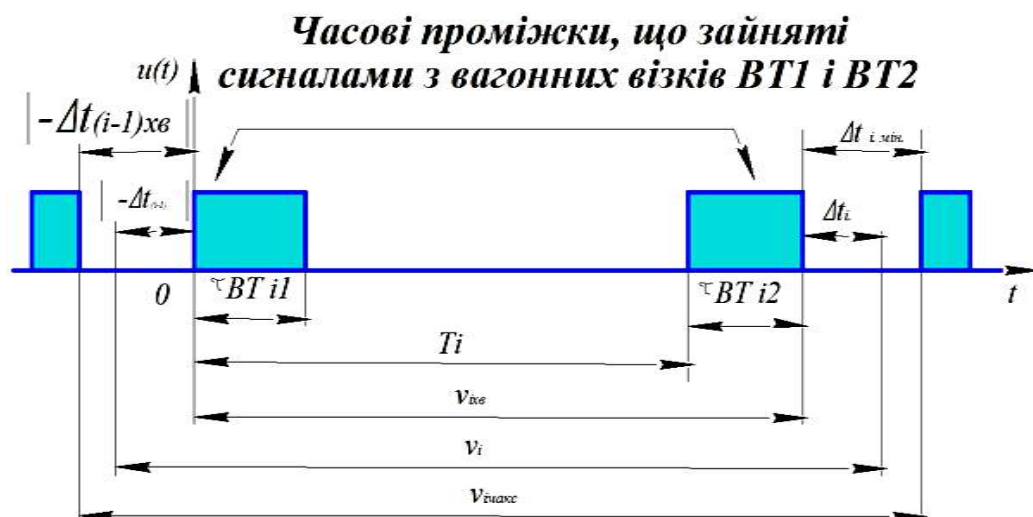


Рис.3.5. Сигнали що формуються датчиком проходження коліс (ДПК)

Тимчасові проміжки $T_{вт / 1}$ і $T_{втд}$ зайняті групами імпульсів, що відповідають проходженню коліс передньої і задньої вагонної візки. Припустимо, що при проходженні всіх коліс вагона формуються ідентичні сигнали датчика (рис.3.6).

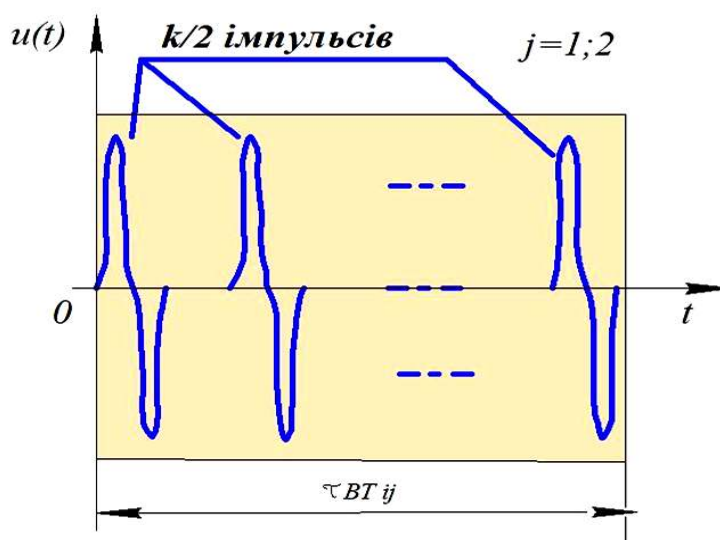


Рис.3.6. Формування ідентичних сигналів датчика

Нехай імпульс, що знімається з ДП при проході першого колеса першої вагонної візки i -го вагону, описується функцією часу u . Тоді імпульси, що знімаються з ДП при проході над ним наступних колісних пар цієї ж вагонної візки, є затриманими щодо першого імпульсу на час τ_i , де $p = 2, 3, \dots, k / 2$, і описуються функціями [67]:

$$u_{\text{ДП.in}}(t) = u_{\text{ДП.il}}(t - \tau_{in}).$$

В результаті отримано загальний вираз для комплексного коефіцієнта передачі, необхідного для синтезу структури узгодженого фільтра, що забезпечує при обробці сигналів, що знімаються з датчика проходження коліс залізничного вагона в умовах адитивних гауссовських шумів, максимум відносини сигнал / шум.

ВИСНОВКИ

Виконано системний аналіз безпеки рухомих об'єктів транспорту, з урахуванням як техногенних факторів, так і впливу людини. Запропоновано комплексний показник безпеки для людино-машинних систем на транспорті.

Досліджено питання застосування супутникових радіонавігаційних систем для підвищення безпеки руху.

Розроблено структурні схеми пристроїв і систем забезпечення безпеки руху. Розроблена система інтервального регулювання руху дозволить збільшити інтенсивність руху на залізниці, що дозволить істотно підвищити економічну ефективність перевезень.

Застосування пристрою виявлення небезпечного зближення поїздів дозволить організувати додатковий рівень контролю безпеки для роботи залізничного транспорту на основних магістралях. Використання пристрою на малодіяльних і не електрифікованих ділянках залізниць суттєво підвищить безпеку руху.

Фільтрація сигналів ДПК дозволить більш точно визначати час проходження осі вагона над датчиком і формувати більш короткий, відповідний дійсному проміжку часу проходження букси імпульс.

Застосування фільтрації сигналів ДПК дозволить істотно знизити кількість магнітних матеріалів що використовуються при виготовленні датчиків.

Система моніторингу стану рухомих об'єктів представляє собою загальний принцип організації сучасної системи забезпечення транспортної безпеки з використанням сучасних засобів комплексного контролю стану рухомих об'єктів і способів обміну оперативною інформацією між транспортним засобом і керуючим пунктом. Особливістю системи моніторингу стану рухомих об'єктів є можливість її використання на різних видах транспорту, в тому числі таких, де раніше вважалось неможливим проводити моніторинг стану транспортного засобу в реальному часі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Трифанов, В.Н. Инвариантный статистический анализ и управление в транспортных системах / В.Н. Трифанов. – СПб.: Элмор, 2003. – 192с.
2. Анализ рынка перевозок. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.transgarant.com/ru/information/analysis/index.php?from=13&id=13>
3. Барковский, В.В. Методы синтеза систем управления / В.В. Барковский, А.Н. Захаров, А.С. Шаталов. – М.: Машиностроение, 1981. – 278с.
4. Теоретические основы железнодорожной автоматики телемеханики: учебник для вузов / под ред. А.С. Переборова. – М.: Транспорт, 1984. – 384с.
5. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / А.Л. Михайлов [и др.]. – СПб.: Питер, 2009. – 401с.
6. Безопасность жизнедеятельности: Безопасность жизнедеятельности на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов ж.-д. транспорта / под ред. К.Б. Кузнецова. – М.: Маршрут, 2005. – Ч.1. – 576с.
7. Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности / С.В. Белов [и др.]. – М.: Высшая школа, 2002. – 326с.
8. Катастрофы и человек: Российский опыт противодействия чрезвычайным ситуациям / под ред. Ю.Л. Воробьева. – М.: АСТ-ЛТД, 1997. – Кн.1. – 256с.
9. Атаманюк, В.Г. Гражданская оборона / В.Г. Атаманюк, Л.Г. Ширшев, Н.И. Акимов. – М.: Высшая Школа, 1986. – 431с.
10. Дружинин, А. Надзор за транспортом / А. Дружинин. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.ininfo.ru/mag/2008/2008-05/2008-05-002.html>.
11. Сазонов, А.Е. Человеческий фактор и безопасность управления подвижными объектами / А.Е. Сазонов // Сборник материалов XVI Общего собрания академии навигации и управления движением, 23.10.2003. – С. 6 – 8.
12. Грачева, Н. Железнодорожный транспорт - самый безопасный / Н. Грачева. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.arhpress.ru/sevmag/2005/2/25/13.shtml>

13. Бугай, В.И. Доклад Начальника инспекции по безопасности полетов расследования и профилактики авиационных событий В.И. Бугая на заседании коллегии ФСНТ / В.И. Бугай. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.aviafond.ru/article.php?time=20070606154549>
14. Волкова, И.В. «Человеческий фактор»: критерии оценки профдеятельности в культуре безопасности / И. В. Волкова, Е. В. Калинина, О. Н. Осадчая, Е. Ю. Витвинская. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=700>
15. Газенко, О.Г. Баевский Р.М. Физиологические методы в космической медицине / О.Г. Газенко, Р.М. Баевский // Искусственные спутники Земли. – 1963. – Вып. 11. – С. 67 – 72.
16. Нерсисян, Л.С. Психологические аспекты повышения надёжности управления движущимися объектами / Л.С. Нерсисян. – М.: Промедик, 1992. – 288с.
17. Стрелков, Ю.К. Инженерная психология: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений. / Ю.К. Стрелков. – М.: Академия, 2001. – 360с.
18. Логунова, О.С. Человеко-машинное взаимодействие: Теория и практика: учебное пособие / О. С. Логунова, И.М. Ячиков, Е.А. Ильина. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 285с.
19. Буралёв, Ю.В. Безопасность жизнедеятельности на транспорте: учеб. для вузов / Ю. В. Буралёв, Е.И. Павлова. – М.: Транспорт, 1999. – 200с.
20. Щалягин, Д.В. Многоуровневые и многофункциональные системы управления и обеспечения безопасности движения поездов / Д.В. Щалягин // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 03. – С. 15 – 19.
21. Пушкин В.Н. Железнодорожная психология / В.Н.Пушкин, Л.С. Нерсисян. – М.: Транспорт, 1971. – 240с.
22. Селяков, Л.Л. Человек, среда, машина / Л.Л. Селяков. – Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.svavia.ru/info/lib/sel_chsmprint.html
23. Марюхненко, В.С. Пути предотвращения критических состояний на транспорте / В.С. Марюхненко, М.Г. Комогорцев, Т.В. Трускова //

Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. Иркутск. ИрГУПС. – 2007. – № 2(14). – С.96-102.

24. Розенберг, В.В. Применение спутниковой навигации на железнодорожном транспорте / В.Е. Розенберг. – Электрон. дан. – Ресурс доступа: <http://www.zdt-magazine.ru/publik/techsredstva/2008/okt08/kosmos.htm>

25. Кайнов, В. М. Автоматика и телемеханика – надежный инструмент обеспечения безопасности железнодорожного транспорта / В. М. Кайнов // Материалы 4-й международной научно-практической конференции «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте». – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.eav.ru/publ1.php?publ1d=2009-01a04>

26. Электропитание устройства железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: учебник для вузов / сост. В.В. Сапожников. – Иркут.: Маршрут, 2005. – 453с.

27. Татисевский, С.А. Твердотельные и оптоэлектронные элементы в устройствах автоматики и телемеханики / С.А. Татисевский // Автоматика, связь, информатика. – 2005. – № 5. – С.16 – 17: схем.

28. Рельсовый датчик, устойчивый к воздействию вихретокового тормоза: пер с нем. / P.Lau, K. Althage // Signal und Draht. – Электрон. журн. – 2002. – № 9. – S. 44 – 47. – Режим доступа: <http://www.css-rzd.ru/zdm/12-2002/02217-3.htm>

29. Система автоматического контроля технического состояния подвижного состава на ходу поезда: ДИСК-БКВ-Ц: Технология обслуж.: Утв. Гл. упр. сигнализации, связи и вычисл. техники М-ва путей сообщ. СССР 29.09.89. – М.: Транспорт, 1991. – 134с., ил.

30. Тильк, И.Г. Системы счета осей на станции и перегоне / И.Г. Тильк, В.В. Ляной, Ю.Ф. Редров. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.zdt-magazine.ru/publik/spezproekt/2005/september-05-09/tilk.htm>

31. Сапожников, В.В. Надежность систем ЖАТ и связи / В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников, В.И. Шаманов. – Иркут.: Маршрут, 2006. – 261с.

32. Белов, В.В. Внедрение системы автоматической идентификации подвижного состава на Российских железных дорогах / В.В. Белов, М.М.

- Гершензон, Д.С. Котлецов. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.css-rzd.ru/zdm/07-2003/03088-1.htm>
33. Комплекс устройств горочной автоматики. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://rzd.wmsite.ru/stati/sch-i-svjaz/gorochnaja-avtomatika/>
34. Шабельников, А.Н. Современные методы организационного и технологического управления / А.Н. Шабельников // Автоматика, связь, информатика. – 2007. – №11 (11). – С. 18 – 23.
35. Директива 96/96/ЕУ «О техническом осмотре автотранспортных средств и их прицепов».
36. Марюхненко, В.С. Синтез устройства адаптивной коррекции управляющих воздействий оператора транспортного средства / В.С.Марюхненко, М.Г.Комогорцев, Т.В.Трускова // Вестник Иркутского Государственного Технического Университета. – 2008. – №3 (35). – С.131-137.
37. Afraimovich, E. L. Geomagnetic storms and the occurrence of phase slips in the reception of GPS signals / E.L. Afraimovich, O.S. Lesyuta , I.I. Ushakov, S. V. Voeuykov // Annals of Geophysics. – 2002. – V.45. – № 1. – P.55-71.
38. ГОСТ 27,002-89. Надёжность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – Введён впервые; введ. 01.07.1990. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 64с.
39. Логунова, О.С. Человеко-машинное взаимодействие. Теория и практика: Учебное пособие / О.С.Логунова, И.М. Ячиков, Е.А. Ильина. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 285с.
40. Диткин, В.А. Интегральные преобразования и операционное исчисление / В.А. Диткин, А.П. Прудников. – М.: ГИФМЛ, 1961. – 523с.
41. Haynes, R.D. Hardware and software reliability and confidence limits for computer-controlled systems / R.D. Haynes, W.E. Thompson // Microelectronics and reliability. – 1980. – v.20. – №.1-2. - P.109-122.
42. Краткий справочник по эксплуатации авиационного радиоэлектронного оборудования / под ред. Н.П. Сухочева. – М.: Воениздат, 1980. – 464с., ил.

43. Дружинин, Г. В. Надежность автоматизированных систем / Г.В. Дружинин. – М.: Энергия, 1977. – 536с., ил.
44. Голяков, А.Д. Испытания систем ракетно-космической техники / А.Д. Голяков, В.И. Миронов, В.В. Смирнов. – СПб.: ВИККИ им. А.Ф. Можайского, 1992. – 398с.
45. Человеческий фактор. Эргономика – комплексная научно-техническая дисциплина: пер. с англ. / под ред. Г. Салвенди. – М.: Мир, 1991. – Т. 1. – 599с., ил.
46. Мунилов, В.П. Эргономика: человеко-ориентированное проектирование техники, программных средств и среды: учебник / В.П. Мунилов, В.П. Зинченко. – М.: Логос, 2001. – 226с.
47. Аруин, А.С. Эргономическая биомеханика / А.С. Аруин, В.М. Зациорский. – М.: Машиностроение, 1989. – 256с.
48. Human Engineering Guide for Equipment Designers / second edition by Wesley E. Woodson, Donald W. Conover. – Univ. of California Press, Berkley, Los Angeles, 1964, 1966.
49. Конопкин, О.А. Инженерная психология и проблема надежности машиниста. / О.А. Конопкин, Л.С. Нерсеян. – М.: Транспорт, 1976. – 239с.
50. Смагин, В.А. Техническая синергетика / В.А. Смагин. – Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.sir35.ru/Smagin/Contents_26122.htm#Beg
51. Мусса, Дж.Д. Измерение и обеспечение надежности программных средств. / Дж.Д. Мусса // ТИИЭР. – 1980. – Т.68. – №9. – С.26 – 45.
52. Стрелков, Ю.К. Инженерная и профессиональная психология: материалы к курсу лекций на психологический факультете МГУ / Ю.К. Стрелков. – М.: Академия, 2001. – 360с.
53. Марюхненко, В.С. Оценка влияния геометрического фактора на точность и информативность позиционирования объекта в спутниковой радионавигационной системе / В.С. Марюхненко // Успехи современной радиоэлектроники. – 2008. – №2. – С.30 – 40.

54. Марюхненко, В.С. Основы теории систем автоматического управления: учебное пособие / В.С. Марюхненко. – Иркут.: ИрГУПС, 2008. – 188с.
55. Попов, Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления: учеб. пособие для вузов / Е.П. Попов. – М.: Наука, 1989. – 304с.
56. Крутько, П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем / П.Д. Крутько. – М.: Наука, 1987. – 304с.
57. Сетевые спутниковые радионавигационные системы / под ред. П.П. Дмитриева, В.С. Шебшаевича. – М.: Транспорт, 1982. – 272с.
58. Спутниковые радионавигационные системы. Основы функционирования подсистем / под ред. В.Н. Харисова. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1997. – 400с., ил.
59. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС / под ред. В.Н. Харисова, А.И. Перова, В.А. Болдина. – М.: ИПРЖР, 1998. – 400с.
60. Волков, Н.М. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС / Н.М. Волков [и др.] // Успехи современной радиоэлектроники. – 1997. – №1. – С.33 – 46.
61. Understandig GPS. Principles and Applications / Ed. By E.D.Карап. – Artech House inc., Northwood., Massachusetts, 1996.
62. Шебшаевич, В. С. Сетевые спутниковые радионавигационные системы / В.С. Шебшаевич. – М.: Радио и связь, 1982. – 272с.
63. Демьянов, В.В. Оценка качества навигационных определений при решении прикладных задач / В.В. Демьянов, М.Г. Комогорцев, В.С. Марюхненко // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. – 2007. – №1. – С.115-119.
64. Марюхненко, В.С. Оценка точности определения координат объектов с известной траекторией движения / В.С. Марюхненко // Авиакосмическое приборостроение. – 2006. – №7. – С.43–46.
65. Болдин, В. А. Зарубежные глобальные системы навигации / В.А. Болдин. – М.:ВВИА им. Н. Е. Жуковского, 1986. – 428с.

66. Демьянов, В.В. Коррекция глобальной модели полного электронного содержания по текущим измерениям ионосферной задержки сигналов спутниковых радионавигационных систем: дис. ...канд. ф. – м. наук / В.В. Демьянов. – Иркут.: Иркутский государственный университет, 2000. – 156с.
67. Кондакова, Т.Н. Исследование погрешностей позиционирования по сигналам спутниковых радионавигационных систем при различных уровнях возмущенности околоземного космического пространства: дис. ...канд. ф. – м. наук / Т.Н. Кондакова. – Иркут.: Иркутский государственный университет, 2002. – 174с.
68. Марюхненко, В.С. Информационная оценка навигационных измерений в условиях априорной неопределенности / В.С. Марюхненко, Ю.Ф. Мухопад // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2006. – №10. – С.55–61.
69. Марюхненко, В.С. Оценка эффективности навигационного обеспечения подвижных объектов с учетом пространственных искажений и нестационарности рабочих зон радионавигационных систем / В.С. Марюхненко // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2007. – №2. – С.65–67.
70. Домрачева, Л.С. Синтез систем измерения нестационарных температур газовых потоков / Л.С. Домрачева. – М.: Машиностроение, 1987. – 224с.
71. Петров, В.В. Информационная теория синтеза оптимальных систем контроля и управления / В.В. Петров, А.С. Усков. – М.: Энергия, 1975. – 274с.
72. Ким, Д.П. Теория автоматического управления / Д.П. Ким. – М.: Физматлит, 2003. – Т.1. – 288с.
73. Розенберг, В.Я. Введение в теорию точности измерительных систем / В.Я. Розенберг. – М.: Советское радио, 1975. – 303с.
74. Петров, Б.Н. Принцип построения и проектирования беспойсковых самонастраивающихся систем / Б.Н. Петров, В.Ю. Рутковский, И.Н. Крутова, С.А. Земляков. – М.: Машиностроение, 1972. – 247с.
75. Марюхненко, В.С. Основы ТАУ / В.С. Марюхненко. – Иркут.: ИРГУПС, 2009. – 156с.

76. Косинов, С.С. Задачи синтеза адаптивных систем управления / С.С. Косинов, Р.Р. Зиягдинов, В.В. Звездин. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://kamri.bancorp.ru/zhurnal/pomer7/kasinov/kasinov.htm>
77. Воронин, В.А. Системы интервального регулирования / В.А. Воронин // Автоматика, связь, информатика. – 2007. – № 7. – С.23 – 29.
78. Воронин, В.А. Микропроцессорная система АБТЦ-М / В.А. Воронин // Автоматика, связь, информатика. – 2006. – № 2. – С.18-19: ил.
79. Пат. 79082 Российская федерация, МПК (2006.01) Устройство обнаружения опасного сближения поездов, следующих в одном направлении / М.Г.Комогорцев [и др.]; Патентообладатель Иркутский гос. ун-т путей сообщ. – 2008125963/22; заявл. 25.06.08; опубл. 20.12.08, Бюл. № 35. – 3с.: рис.
80. Пат. 76153 Российская федерация, МПК (2006.01) Система мониторинга состояния подвижных объектов / В.С.Марюхненко, М.Г.Комогорцев; Патентообладатель Иркутский гос. ун-т путей сообщ. – 2008114483/22; заявл. 14.04.08; опубл. 10.09.08, Бюл. № 25. – 3с.: рис.
81. Пат. 79082 Российская федерация, МПК (2006.01) Устройство обнаружения опасного сближения поездов, следующих в одном направлении / М.Г.Комогорцев [и др.]; Патентообладатель Иркутский гос. ун-т путей сообщ. – 2008125963/22; заявл. 25.06.08; опубл. 20.12.08, Бюл. № 35. – 3с.: рис.
82. Бородакий, Ю.В. Основы теории систем управления (Исследование и проектирование) / Ю.В. Бородакий, Ю.Г. Лободинский. – М.: Радио и связь, 2004. – 256с.
83. Пилотный проект по применению спутниковых технологий на железнодорожном транспорте на опытном участке Москва – Клип. ВНИИАС МПС России. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.gismps.ru/content/view/193/56/>
84. Волкова, И.В, Калинина Е.В, Осадчая О.Н, Витвинская Е.Ю. «Человеческий фактор»: критерии оценки профдеятельности в культуре безопасности / И.В. Волкова, Е.В. Калинина, О.Н. Осадчая, Е.Ю. Витвинская. – СПб.: НПЦ «Прогноз–Петербург», 2004. – Электрон. дан. – Режим доступа:

<http://www.proatom.ru/>.

85. Душков, Б.А. Основы инженерной психологии: учебник для студентов вузов / Б. А. Душков, А. В. Королев, Б. А. Смирнов. – М.: Академический проект, 2002. – 576с.
86. Максимов, М.В. Радиоэлектронные системы самонаведения / М.В. Максимов, Г.И. Горгонов. – М.: Радио и связь, 1982. – 304с., ил.
87. Красовский, А.А. Системы автоматического управления полётом и их аналитическое конструирование / А.А. Красовский. – М.: Наука, 1973. – 560с.
88. Патент России № 2287447 С2 кл. В 61 L 23/16
89. Патент России № 2262459 кл. В 61 L 25/04
90. Шевердин, И.Н. Анализ работы средств контроля ДИСК, КТСМ за состоянием подвижного состава на ВСЖД за 2006 год / И.Н. Шевердин.
91. Блейхурт, Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов: пер. с англ. / Р. Блейхурт. – М.: Мир, 1989. – 448с.
92. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Наука, 1981. – 723с.
93. Преобразование Фурье. – Электрон. дан. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Преобразование_Фурье.
94. Нуссбаумер, Г. Быстрое преобразование Фурье и алгоритмы вычисления свёрток: пер. с англ. / Г. Нуссбаумер. – М.: Радио и связь, 1985. – 248с.
95. Давыдов, А.В. Цифровая обработка сигналов: тематические лекции / А.В. Давыдов. – Екатеринбург: УГГУ, ИГиГ, кафедра геоинформатики. Фонд электронных документов, 2007. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/dir/cat41/subj1318/file13721/view139867.html>
96. Левкович-Маслюк, Л. Введение в вейвлет-анализ: учебный курс / Л. Левкович-Маслюк, А. Переберин. – М.: ГрафиКон'99, 1999. – 425с.
97. Добшин, И. Десять лекций по вэйвлетам / И. Добшин. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 646с.
98. Дьяконов, В.П. Вейвлеты: от теории к практике / В.П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Р, 2002. – 448 с.

99. Смоленцев, Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в Matlab / Н.К. Смоленцев. – М.: LVR Пресс, 2005. – 304с.
100. Гоноровский, И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник для вузов / И.С. Гоноровский, И.С. Демин. – М.: Радио и связь, 1994. – 608с.
101. Тихонов, В.И. Статистическая радиотехника / В.И. Тихонов. – М.: Радио и связь, 1982. – 624с.
102. ГОСТ 16263-70. ГСИ. Метрология. Термины и определения. – Введ. 30.07.1970. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1970. – 56с.
103. Куликов, Е. И., Трифонов А. П. Оценка параметров сигналов на фоне помех / Е. И. Куликов, А.П. Трифонов. – М.: Советское радио, 1978. – 280с.
104. Левин, Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники / Б.Р. Левин. – М.:Советское радио, 1969. – Т.1 – 656с., ил.
102. Теория обнаружения сигналов / под ред. П. А. Бакута. – М.: Радио и связь, 1984. – 440с.
103. Donoho, D.L. De-noising by soft-thresholding / D.L. Donoho // *IEEE Trans. on Inform. Theory.* – 1995. – #3. – p. 613-627.
104. Алексеев, К.А. Теория и практика шумоподавления в задаче обработки сейсмоакустических сигналов / К.А. Алексеев. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/wavelet/book5/12.php>
105. Donoho, D.L. Neo-classical minimax problems, thresholding, and adaptation / D.L. Donoho, I.M. Johnstone // *Bernoulli.* – 1996. – #1. – pp. 39-62.
106. Дьяконов, В., Абраменкова И. MATLAB. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник / В. Дьяконов, И. Абраменкова. – СПб.: Питер, 2002. – 608с.