

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**
Навчально - науковий інститут транспорту і будівництва
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної випускної роботи**

освітній ступінь - магістр
спеціальність - 273 - «Залізничний транспорт»
спеціалізація «Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті»

на тему: «ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ
ВІДПОВІДАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ БЕЗПЕКИ РУХУ ПОЇЗДІВ»

Виконав
Здобувач вищої освіти
групи ІБЗТ-19зм



Пец О.В.

Керівник:



проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

Завідувач кафедри:



проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

Рецензент:

(ініціали)

Замайко С.В.

(ініціали і прізвище)

Сверодонецьк – 2021

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. Передвідмовні і критичні стани зазвичай передують НС, але можуть мати і самостійне значення [4]

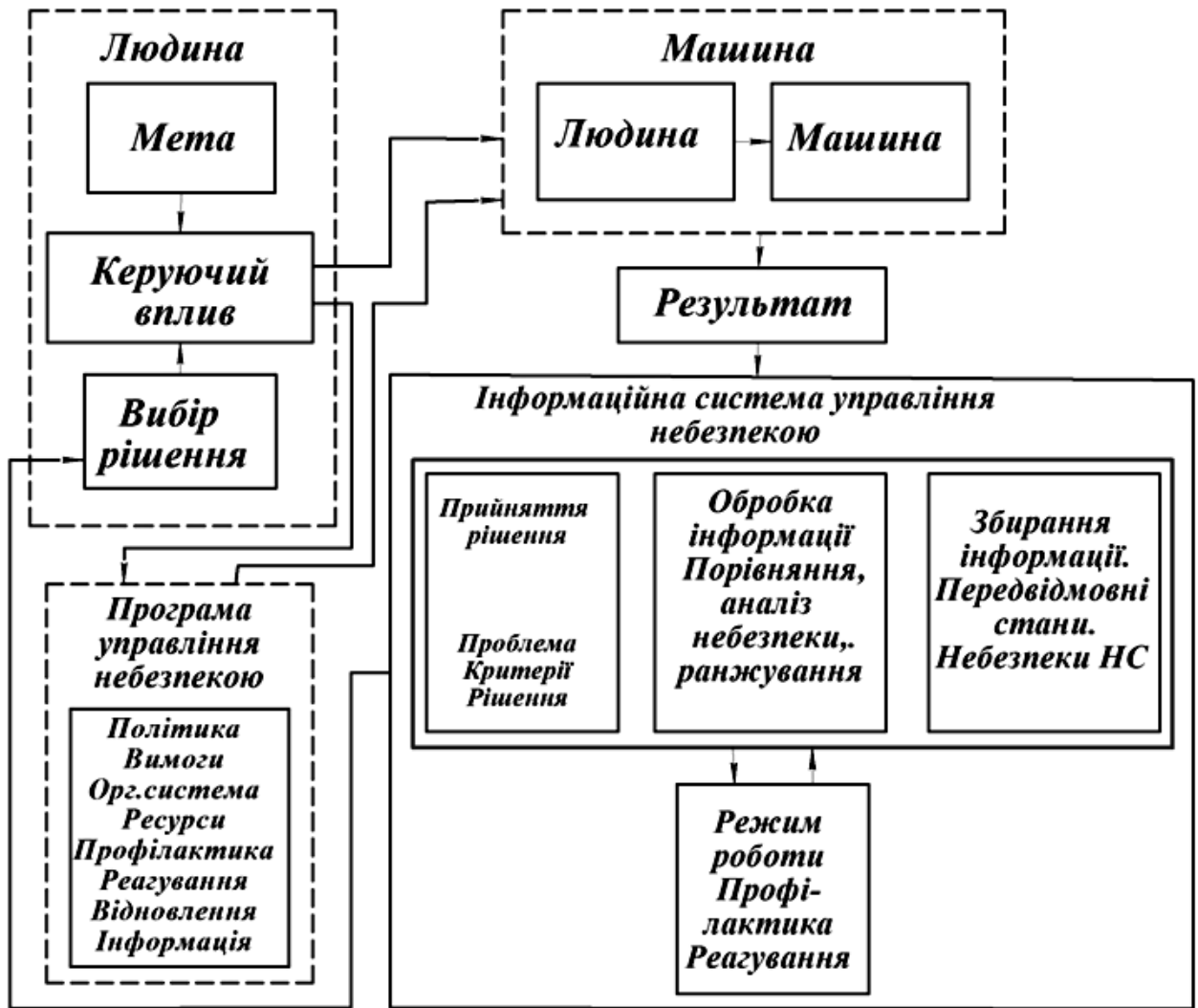


Рис.1.1. Структурні елементи системи управління загрозами на стадії експлуатації

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 СУО на стадії експлуатації системи людина-машина (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, в 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).

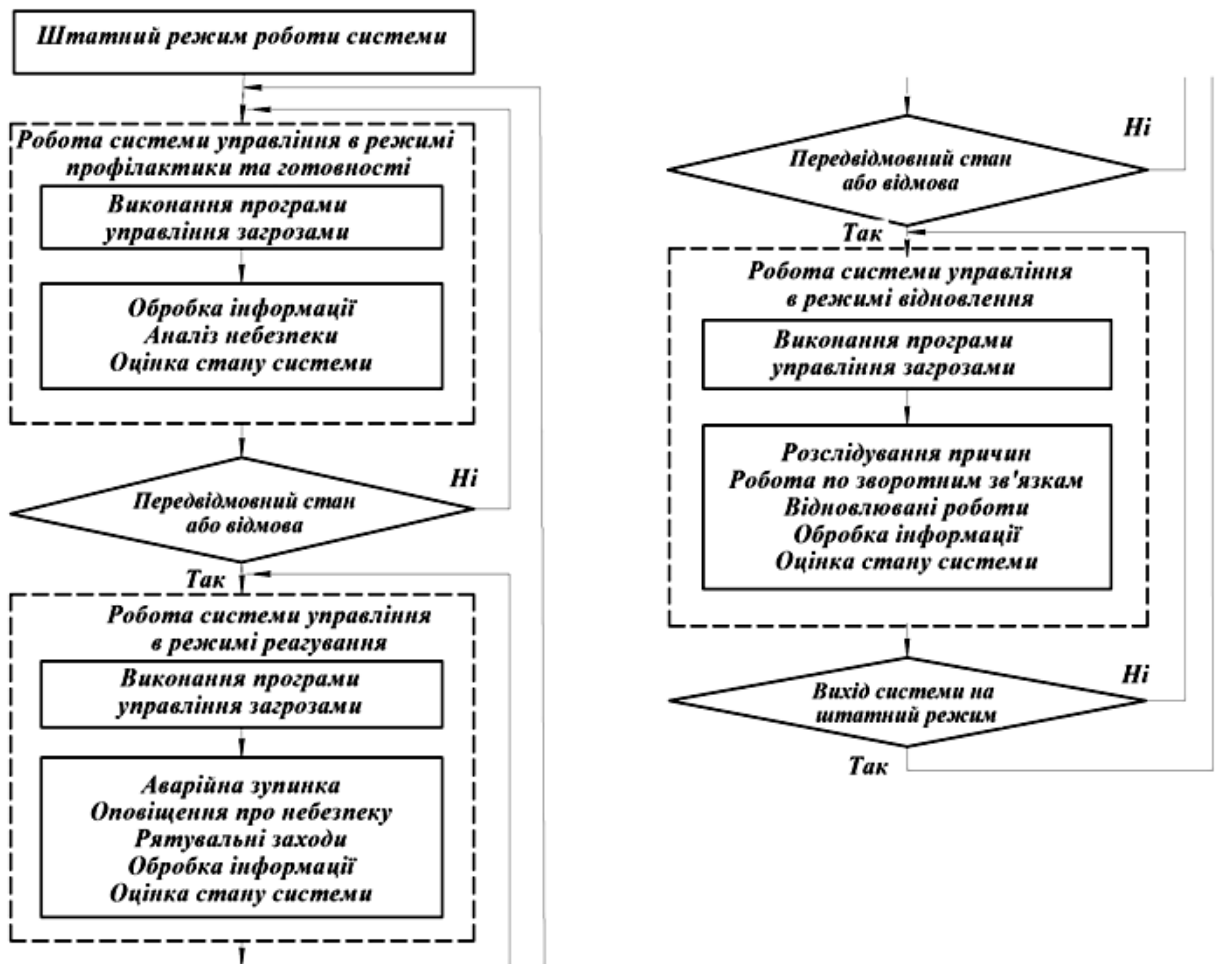


Рис.1.2. Алгоритм функціонування системи управління безпекою

При проектних і запроектованих 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 запроектованих НС виконуються практично всі елементи, закладені в ці підсистеми, і, зокрема, необхідний комплекс відновлювальних робіт.

Аналіз небезпек дозволяє визначити джерела небезпек, потенційні надзвичайні ситуації, передбачені або критичні стани, імовірності НС, величину ризику, величину наслідків, шляхи запобігання НС і зменшення 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 передбачених 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;

-свої 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.

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 $f(t)$, вхідні z (f і вихідна величини об'єкта p (7). За цими даними визначається значення критерію якості управління, який є функцією багатьох змінних $U^T a X D z$). 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 $z = (c_1, \dots, c_{1N})$, 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 γ_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 $[a_{k-1}, a_{k-2}]$, тобто

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

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 тренованого оператора, використовуваних в теорії автоматичного управління при синтезі керуючих систем за участю людини, являє собою складну динамічну разомкнуту систему з передавальною 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} .

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

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

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

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

$T_{ж.4}$, $T_{к.4}$ - 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 впливи 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 руху 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 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).

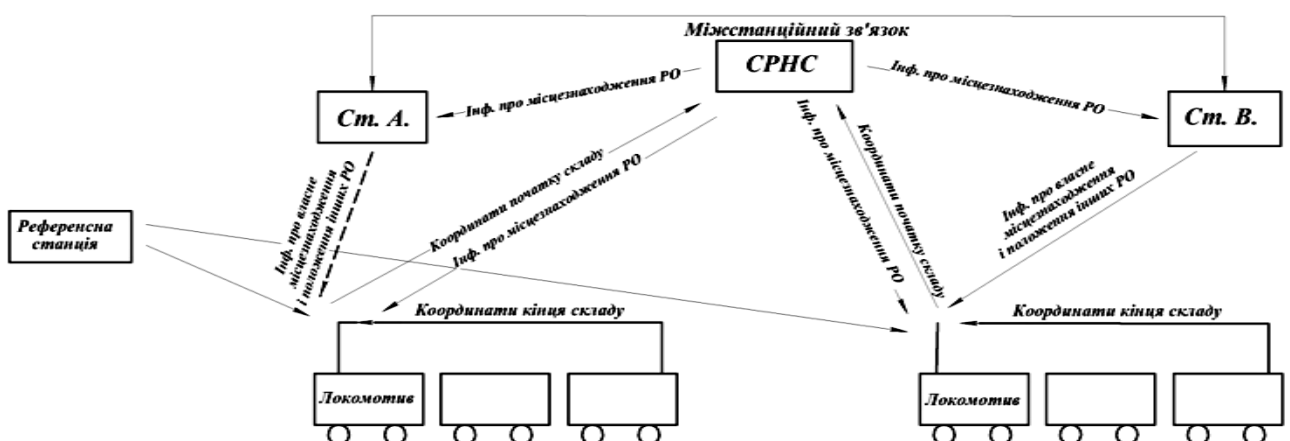


Рис.3.1. Принцип роботи системи інтервального регулювання руху поїздів

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 інтервалу, безперервний контроль цілісності рухомого складу. Алгоритмічна схема роботи СІРРП представлена на рис.3.2

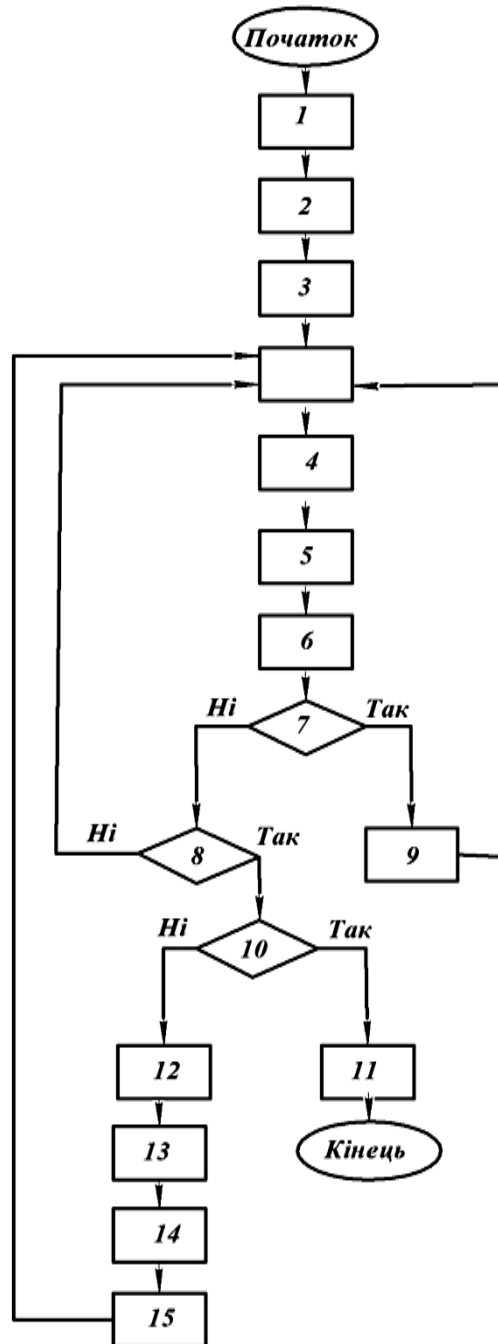


Рис.3.2. Алгоритмічна схема роботи системи інтервального регулювання руху поїздів (СІРРП)

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 яка 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 дровових 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 дрового 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.

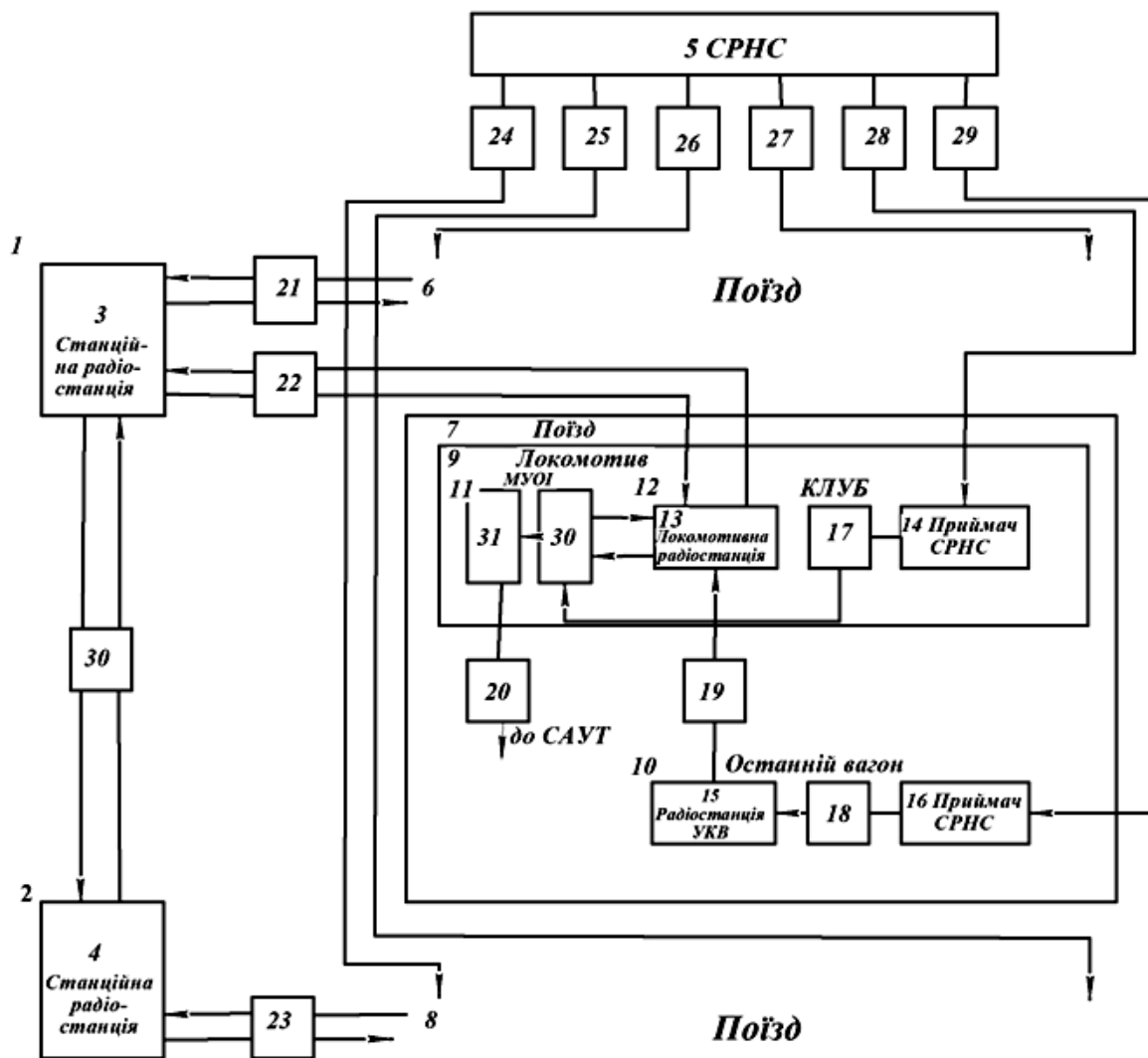


Рис.3.3. Система інтервального регулювання руху поїздів

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