

ФАКУЛЬТЕТ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Кафедра управління вантажною і комерційною роботою

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ**

Конспект лекцій

Харків – 2019

Автоматизація транспортних технологій: Конспект лекцій / О. В. Лаврухін, В. І. Шевченко, Г. Є. Богомазова, С. П. Кануннікова. – Харків: УкрДУЗТ, 2019. – 38 с.

Конспект лекцій розкриває сутність автоматизованих систем управління перевізним процесом на залізничному транспорті, їх функції та призначення. У конспекті розглянуто питання основних принципів структуризації автоматизованих транспортних технологій, формування комплексу задач, що вирішуватися на базі інтелектуального комплексу, реалізації системи підтримки прийняття рішень з розподіленням штучним інтелектом для вирішення задач оперативного управління на залізничному транспорті.

Рекомендовано для третього освітньо-наукового рівня (доктор філософії).

Іл. 10, бібліогр.: 46 назв.

Конспект лекцій розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри управління вантажною і комерційною роботою 8 жовтня 2018 р., протокол № 3.

Рецензент

проф. О. М. Огар

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Конспект лекцій

Відповідальний за випуск Богомазова Г. Є.

Редактор Еткало О. О.

Підписано до друку 07.11.18 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк. арк. 2,25. Тираж 30. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет залізничного транспорту,

61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| 1 Аналіз існуючих автоматизованих систем управління перевізним процесом | 4 |
| 2 Розроблення етапів формування комплексної автоматизованої технології оперативного управління перевізним процесом | 11 |
| 3 Реалізація системи підтримки прийняття рішень оперативного управління з розподіленим штучним інтелектом | 20 |
| Список літератури | 34 |

1 Аналіз існуючих автоматизованих систем управління перевізним процесом

На залізничному транспорті України для забезпечення виконання технологічного процесу роботи використовується широкий спектр автоматизованих систем управління. Автоматизована система управління або інформаційна система взагалі, і зокрема на залізничному транспорті – це людино-машинна система, призначена для ефективного використання наявного технічного оснащення об'єктів виробництва і поліпшення економічних характеристик управління цими об'єктами. Відповідно до цього взагалі автоматизовані системи на залізничному транспорті в галузі вантажних перевезень повинні забезпечувати: контроль за просуванням окремої відправки; управління термінами доставки вантажів; оперативний контроль за станом взаєморозрахунків клієнтів; управління перевізним процесом на основі технологіко-економічної моделі полігона; аналіз та управління вантажопотоками тощо.

Як базова та основна інформаційна система українських залізниць використовується єдина автоматизована система керування вантажними перевезеннями Укрзалізниці – АСК ВП УЗ-Є.

АСК ВП УЗ-Є дає змогу забезпечити належну ефективність процесу формування поїздів, використання наявного рухомого парку вагонів і контейнерів. Також у системі ведеться облік виконаної вантажної роботи, розраховуються пробіг вагонів, технологічні показники, на основі чого формується статистична звітність. Фіксується технічний стан вагонів, проведені ремонти та необхідність у проведенні ремонтів. Система в автоматичному режимі веде міжмашинний обмін інформацією про технологічний процес роботи з відповідними інформаційними системами залізниць.

До прийняття рішення про створення на залізницях України АСК ВП УЗ (1980–2000 рр.) були задіяні такі елементи інформатизації управління залізничними перевезеннями: базовий комплекс організації та забезпечення обчислювального процесу (на всіх інформаційно-обчислювальних центрах (ІОЦ)); автоматизована система оперативного управління перевезеннями

(АСОУП), яка базується на поїзній моделі залізниці; вагонна модель залізниці; контейнерна модель залізниці; ремонтна модель вагонів; автоматизована система управління сортувальною станцією (АСУСС); комплексна система електронного обміну даними сортувальної станції (КСЕОД СС) та ряд інших.

Реалізація на окремих програмно-технічних комплексах різного роду завдань призводила до мінімальної взаємодії між системами, що спричинило такі негативні наслідки: дублювання інформації, розбіжність у довідковій та статистичній інформації; значні витрати на супроводження та доопрацювання систем; складність функціонального розвитку систем; неможливість інтеграції з міжнародними транспортними організаціями; обмеженість розвитку інформаційного обслуговування користувачів.

Упровадження АСК ВП УЗ і перехід на нову, більш перспективну платформу дав змогу: уніфікувати в масштабах УЗ комплекс технічних засобів, забезпечити масштабованість усіх вузлів системи, суттєво розширити можливості з використання сучасних вискоєфективних стандартних програмних продуктів і технологій загальносистемного призначення; від окремих баз даних (БД) перейти до єдиної інтегрованої БД галузі, відповідним чином декомпонованої та розподіленої між вузлами глобальної мережі УЗ; перейти на новий, сучасний стандарт інформаційного обміну в системі, максимально сумісного з Internet, стандартом Міжнародного союзу залізниць (МСЗ), автоматизованими системами інших відомств та держав; від численних включень обчислювальних операцій у технологічні процеси управління перевезеннями перейти до єдиної технології взаємодії користувачів із загальною БД, при якій участь будь-якої посадової особи у процесі управління може бути зведено до чіткої регламентації її персональної взаємодії з галузевою автоматизованою системою управління (АСУ); закласти орієнтацію на постійний розвиток системи в її фундаментальні принципи побудови і забезпечити її відкритість для створення нових задач.

Джерелом зародження інформації для вирішення управлінських задач є товарні контори та станційні технологічні

центри (СТЦ), де здійснюється взаємодія з вантажовласниками, оформлення перевізних документів, облік виконаної роботи. Саме тому розвиток АСК ВП УЗ починався з автоматизації роботи товарних касирів – створення автоматизованого робочого місця товарного касира (АРМ ТВК) та АРМів працівників СТЦ.

Комплекс АСК ВП УЗ включає цілий ряд функціональних задач, які розв'язуються за допомогою систем, що входять до АСК ВП УЗ. Основні з них такі: УПВ – облік переходу поїздів, вагонів та контейнерів через стикові пункти залізниць і дирекцій; КПФ – контроль за дотриманням плану формування вантажних поїздів (ПФП); КВД – контроль дотримання норм ваги і довжини вантажних поїздів; ППГ – прогноз прибуття вантажів на станції призначення і вантажоотримувачам; ВТД – видача технологічних документів на поїзди для працівників станцій, дирекцій та управління залізниці; ОКПВ – оперативний контроль навантаження та вивантаження вагонів; АСВВП – автоматизована видача та відміна попереджень на поїзди.

Важливою складовою АСК ВП УЗ-Є є програмно-апаратний комплекс ведення та відображення укрупнених виконаних графіків руху поїздів (ГРП) і оперативного аналізу поїзної роботи в програмно-апаратному комплексі дорожнього диспетчера (ПАК ДГП), призначений для автоматизації процесу збору і надання інформації про виконання поїзної роботи для диспетчерського апарату залізниці.

На мережі залізниць одне з важливих місць у забезпеченні перевізного процесу посідає надійна робота сортувальних станцій. До переходу на широке використання системи АСК ВП УЗ, для підвищення ефективності роботи сортувальних станцій спеціалістами Південної залізниці була розроблена комплексна система електронного обміну даними.

КСЕОД призначена для відображення інформаційних моделей керованих технологічних процесів і пов'язаних з ними об'єктів, що реалізують виконання вантажних перевезень на залізничному транспорті.

Підвищення ефективності керування роботою технічної станції здійснюється за рахунок: зменшення впливу суб'єктивного фактора на прийняття управлінських рішень; можливості обробки оперативної інформації в реальному

масштабі часу; організації оперативного доступу до необхідних для прийняття рішень даних.

КСЕОД СС надає оперативним керівникам станції в зручному вигляді дані, необхідні для планування роботи, прийняття рішень і формування керуючих впливів. На основі цієї інформації працівники станції більш точно й оперативно визначають порядок використання технічних засобів і ресурсів станції, здійснюють планування черговості станційних операцій, роботи маневрових та видачі поїзних локомотивів. Одночасно система автоматизує складання технологічних документів, що визначають порядок виконання операцій.

КСЕОД СС в автоматизованому режимі здійснює такі функції: інформаційна взаємодія з автоматизованими системами дорожнього і лінійного рівнів залізничного транспорту; аналіз вагонопотоків і виявлення порушень плану формування по прибутті та відправленні; формування даних про прибуття, проходження та відправлення поїзда; списування номерів вагонів поїзда по прибутті, обробка та корегування інформації про вагони; ведення вагонної моделі СС; розкладання составів поїздів, що прибули в розформування, відповідно до плану формування поїздів; формування сортувального листка; введення інформації про розформування поїзда та маневрові операції (відчеплення, причеплення, перестановка вагонів на коліях); контроль постановки до складу поїзда вагонів з небезпечними вантажами; розрахунок поїздоутворення з підв'язкою поїзних локомотивів і бригад; розрахунок і видача відповідних форм звітності та обліку по господарству перевезень тощо.

КСЕОД СС забезпечує необхідною інформацією технологічно пов'язані підрозділи, що беруть участь у перевізному процесі, а саме: сусідні сортувальні і вантажні станції, диспетчерський апарат дирекції та управління залізниці, вантажоодержувачі тощо. Інформація від КСЕОД СС надходить або безпосередньо до користувачів, або в автоматизовані системи вищих рівнів.

В основу системи покладена інформаційна модель, яка відображає в реальному масштабі часу розташування і переміщення вагонів на сортувальній станції та підходах до неї.

Модель містить необхідні дані про всі вагони, вантажі і дані, що характеризують певні умови перевезення.

Система виконує логічний контроль вхідної інформації, що дає змогу здійснювати її оперативне корегування і тим самим досягати належного рівня достовірності. Більшість помилок виявляється під час набору повідомлень перед їх остаточним введенням до системи. На інші помилки система КСЕОД СС після передачі повідомлень видає корегувальні повідомлення.

Мікропроцесорна система диспетчерської централізації «Каскад» (МСДЦ «Каскад») дозволяє забезпечити підвищення пропускної спроможності дільниць та рівня безпеки руху завдяки автоматизації управління рухом поїздів, зменшенню завантаження диспетчерського персоналу, забезпеченню доступу до оперативної інформації користувачам диспетчерського центру управління, а також інформаційному забезпеченню інших систем через локальну та глобальну мережі.

Автоматизоване робоче місце поїзного диспетчера (АРМ ДНЦ) у складі мікропроцесорної системі диспетчерської централізації «Каскад» забезпечує контроль та управління перевізним процесом на основі інформації, отриманої від пристроїв СЦБ (сигналізації централізації блокування).

Основні функції, які забезпечує АРМ ДНЦ при управлінні перевізним процесом: відображення поїзної ситуації та стану об'єктів контролю на дільниці; управління об'єктами СЦБ; автоматичну реєстрацію проходження поїздів по дільниці; ідентифікацію рухомої одиниці; автоматичне управління схрещенням, обгоном і пропуском поїздів на заданих станціях; інтерпретацію процесу проходження поїздів на дільниці у вигляді графіка виконаного руху в реальному режимі часу; автоматичне формування прогнозного графіка руху; автоматичне ведення системного журналу з реєстрацією сигналів телеуправління, телесигналізації, діагностики та дій поїзного диспетчера; відображення за минулі періоди часу (до 30 діб) поїзної ситуації та стану об'єктів контролю на дільниці; взаємодію із системою АСК ВП УЗ-Є.

Таким чином, МСДЦ «Каскад» є сучасною та перспективною системою оперативного управління рухом поїздів, але суттєвим недоліком її є фактична відсутність

інтелектуального управління перевізним процесом. Тобто ця автоматизована система може виконувати процедури з набору дій, виконаних людиною-оператором, але якщо в зазначеній базі бракує інформації про певну подію, то в цьому випадку система стає неефективною.

Динамічна модель перевізного процесу, яка лежить в основі бази даних АСОУП, містить вичерпну інформацію про всі рухомі одиниці та поїзди, які обертаються в межах залізниці, що дає можливість вирішувати широке коло завдань шляхом чіткого контролю за виконанням технічних норм формування составів – дотримання повновагості та повносоставності поїздів, відповідність діючому плану формування тощо.

Функціональний склад АСОУП орієнтований насамперед на інформаційне обслуговування оперативних працівників станцій, відділень залізниць, оперативно-розпорядчих відділів служб перевезень, керівників залізниць і містить такі комплекси: облік переходу поїздів, вагонів і контейнерів через стикові пункти залізниць і відділень; контроль за дотриманням плану формування поїздів; контроль за дотриманням норм маси і довжини поїздів; прогноз прибуття вантажів на станції призначення та до вантажоодержувачів; видача технологічних документів на поїзди для працівників станцій та управлінських підрозділів; спостереження за спеціалізованим рухомим складом; оперативний контроль за наявністю, станом і дислокацією локомотивів вантажного руху; оперативний контроль своєчасної постановки локомотивів на різні види ремонту та спостереження за ними; оперативний пономерний контроль навантаження та вивантаження вагонів, зокрема розподіл порожніх вагонів за типами і категоріями придатності; автоматизоване ведення поїзного положення, зокрема облік поїздів, тимчасово залишених без локомотивів; контроль за роботою замкнутих кільцевих маршрутів; контроль за навантаженням і просуванням маршрутів.

Комплекс контролю за дотриманням ПФП забезпечує оперативне виявлення його порушень на станціях формування і причеплення груп вагонів, накопичення даних про порушення ПФП на пунктах приймання поїздів.

Комплекс прогнозу прибуття вантажів містить у собі функції попереднього і точного інформування станцій і

вантажодержувачів про підхід вагонів під вивантаження. Попереднє інформування припускає повну переорієнтацію бюро інформування вантажодержувачів на одержання даних з інформаційно-обчислювального центру залізниці. Точне інформування проводиться після включення вагона в поїзд призначенням на станцію вивантаження або після проходження поїздом заданої станції наближення.

Комплекс спостереження за спеціалізованим рухомим складом передбачає пономерне стеження за спеціальним рухомим складом і окремими родами вантажів, виділення спеціалізованого рухомого складу за завданнями, пономерне виділення окремих одиниць рухомого складу.

У комплексі оперативного номерного контролю навантаження та вивантаження вагонів ведеться пономерна інформаційна модель навантаження і вивантаження вагонів станціями, облік вантажної роботи станцій і відділень залізниці з підготовкою добових оперативних звітів, оперативний контроль ходу вантажної роботи.

Комплекс автоматизованого ведення поїзного положення передбачає підготовку схеми поїзного положення і довідок про поїзне положення на станціях, диспетчерських дільницях та регіонах, а також про наявність поїздів з урахуванням заданих параметрів та запитів.

Подальші перспективи розвитку АСОУП передбачають введення наскрізного автоматизованого диспетчерського керівництва перевезеннями на всіх рівнях управління завдяки реалізації функцій аналізу вхідної інформації, видачі оперативним працівникам оптимальних рішень та безпосереднього впливу на технічні засоби та перевізний процес.

Лінійний рівень базується на АСУ сортувальної та вантажної станцій, АСУ контрольних пунктів, АРМ товарних касирів, прийомоздавальників, операторів з обліку вагонного депо, вагонно-ремонтних заводів, пунктів технічного обслуговування та підготовки вагонів тощо.

2 Розроблення етапів формування комплексної автоматизованої технології оперативного управління перевізним процесом

Комплексна автоматизована технологія оперативного управління перевізним процесом на залізничному транспорті повинна містити в собі певний набір логічних модулів, які формально можуть бути визначені таким чином:

$$E_c = \Delta N \cup R \cup Q(m) \cup S \cup C \cup P, \quad (2.1)$$

де ΔN – модель визначення оптимальних параметрів оперативного плану;

R – модель визначення оптимального виконання плану місцевої роботи;

$Q(m)$ – модель визначення оптимальних параметрів економічної доцільності прийняття поїздів на залізничну станцію;

S – модель на основі нейронної мережі щодо визначення раціональної колії приймання поїзда за умови дотримання параметрів безпечної експлуатації;

P – модель пріоритетного формування поїздів;

C – модель визначення мінімальних приведених витрат щодо пріоритетного формування поїздів;

K – модель визначення пріоритетного відправлення поїздів на дільниці.

З метою отримання синергетичного ефекту визначена умова повинна бути покладеною в основу формування структурної схеми взаємодії різних автоматизованих робочих місць в умовах реалізації системи з розподіленим штучним інтелектом при розробленні та реалізації оперативних планів поїзної роботи (рисунок 2.1).

Основною вимогою щодо реалізації систем з розподіленим штучним інтелектом є динамічна інформаційна міжрівнева та внутрішня взаємодія автоматизованих робочих місць, яка надає можливості до більш ефективної роботи інтелектуального автоматизованого комплексу управління об'єктом транспортної мережі й у повному обсязі проявляє синергетичний ефект.

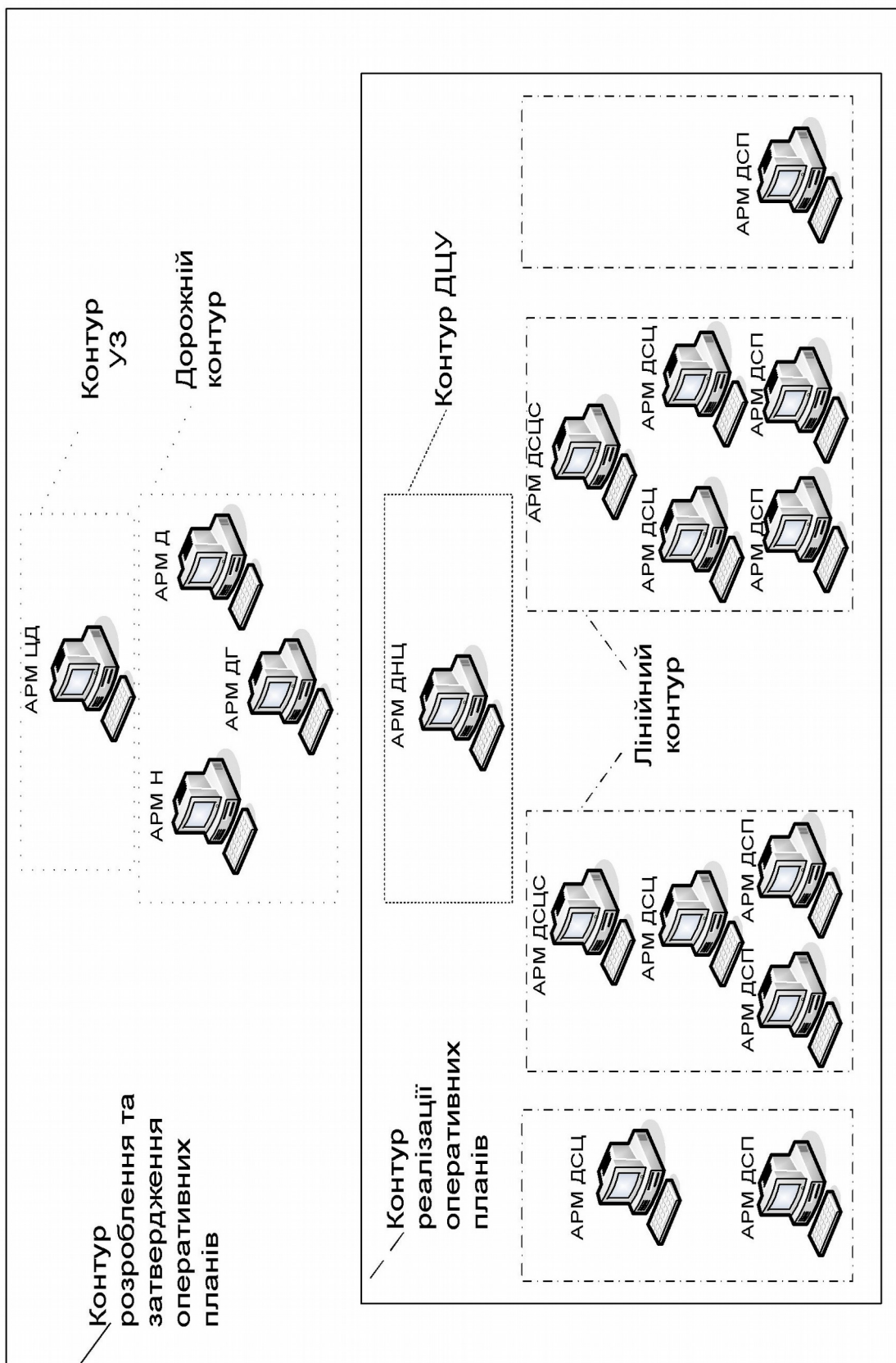


Рисунок 2.1 – Структурна схема взаємодії ARM в умовах реалізації системи з розподіленим інтелектом

Передбачено, що всі розроблені інтелектуальні модулі управління оперативною роботою будуть функціонувати в середовищі розроблення та реалізації оперативних планів роботи як єдина система. Відповідно до цього доцільно розділити всю структуру оперативного управління залізничним транспортом умовними межами – контурами.

Для отримання синергетичного ефекту ця структура передбачає наявність двох основних взаємопов'язаних контурів (1 – контур розроблення і затвердження оперативних планів; 2 – контур реалізації оперативних планів) і трьох внутрішніх контурів (дорожній контур, контур дорожнього центру управління (ДЦУ), лінійний контур).

Контур розроблення і затвердження оперативних планів – це умовні межі, у які входять залізничні підрозділи (ДН або залізниця), структурні елементи яких є першоджерелом інформації, а також являють собою найвищий рівень розроблення і реалізації оперативних планів поїзної та вантажної роботи.

Контур реалізації оперативних планів – це умовні межі, у які входять такі залізничні підрозділи, як ДН, дільниці та залізничні станції, основою діяльності яких є безпосереднє виконання оперативних планів поїзної і вантажної роботи.

Контур Укрзалізниці – це умовні межі, у які входять автоматизовані робочі місця (АРМи) вищої керівної ланки Департаменту управління рухом.

Дорожній контур – це умовні межі, у які входять робочі місця (АРМи) вищої керівної ланки залізниці, які здійснюють розроблення і контроль за виконанням оперативних планів.

Контур ДЦУ – це умовні межі, у які входять автоматизовані робочі місця працівників, які забезпечують виконання планів поїзної і вантажної роботи на залізничних дільницях.

Лінійний контур – це умовні межі, у які входять автоматизовані робочі місця працівників, які забезпечують виконання планів поїзної і вантажної роботи на залізничних станціях.

На верхньому рівні контуру розроблення і затвердження оперативних планів містяться АРМи працівників апарату Департаменту руху (АРМ ЦД), у яких концентрується загальна оперативна інформація по шести регіональних філіях залізниці.

Для формування єдиної автоматизованої системи оперативного управління перевізним процесом на основі розподіленого штучного інтелекту необхідно сформувати комплекс задач, які будуть вирішуватися на базі інтелектуального комплексу (визначених контурів) шляхом синтезу моделей оперативного планування та управління перевізним процесом, що було сформовано у попередніх розділах.

У межах контуру реалізації оперативних планів (лінійний контур та контур ДЦУ) для контуру розроблення і затвердження оперативних планів повинні вирішуватися такі задачі: перша задача – визначення кількості поїздів, що підлягають прийманню станцією з кожного напрямку; друга задача – визначення кількості транзитних та дільничних поїздів, які підлягають відправленню з технічної (вантажної) станції; третя задача – визначення доцільності формування ступеневих та відправницьких маршрутів.

У свою чергу для раціонального функціонування розробленої інтелектуальної системи оперативного планування визначені задачі потребують вирішення додаткових підзадач. Таким чином, вирішення першої задачі ґрунтується на визначенні та узагальненні таких нечітких параметрів: час до відправлення поїзда зі станції формування; час прямування поїзда від станції формування до станції розформування; час, який залишився до закінчення планової доби.

Вирішення другої задачі ґрунтується на визначенні та узагальненні такої групи нечітких параметрів: загальна кількість вагонів одного призначення, яка перебуває на станції (зокрема вагони на коліях сортувального парку, вагони в поїздах, які перебувають у парку прибуття, вагони, які перебувають під вантажними операціями); час до закінчення операцій з формування поїзда (зокрема час на розформування поїздів, у яких містяться вагони певного призначення, час на закінчення вантажних операцій і операцій з подавання – прибирання).

Вирішення третьої задачі ґрунтується на визначенні та узагальненні таких нечітких параметрів: підсумковий добовий обсяг навантаження по всіх відправниках вантажу, які беруть участь в організації маршруту даного призначення (повинен бути не меншим, ніж норми довжини складу маршруту); підсумкова

вивантажувальна спроможність за добу всіх вантажоодержувачів по усіх вантажах, які включаються в даний маршрут (повинна бути не меншою, ніж сумарний добовий обсяг навантаження); між станцією навантаження маршруту і станцією його призначення повинна бути хоча б одна технічна станція, на якій за планом формування поїздів передбачена переробка вагонопотоку даного призначення.

Вирішення зазначених задач є базовим модулем для формування системи оперативного планування поїзної роботи, оскільки він практично повністю охоплює процеси поїздоутворення і просування поїздопотоків.

Для забезпечення виконання розробленого плану оперативної роботи необхідно сформувати інтелектуальні модулі для ефективної і раціональної роботи «контуру реалізації оперативних планів».

Інтелектуальний модуль для лінійного контуру передбачав розроблення автоматизованої процедури пропуску поїздів по станціях, реалізація якого передбачалася на АРМ ДСП. Для обґрунтування доцільності реалізації інтелектуального модуля, який відповідає за приймання, відправлення та пропуск поїздів по залізничній станції, а також по залізничній дільниці, обладнаній диспетчерською централізацією було розроблено параметр безпечного управління поїзною роботою.

Для контуру ДЦУ було розроблено автоматизовану процедуру раціонального виконання місцевої роботи, яка передбачає визначення необхідної кількості локомотивів для розвезення та збирання місцевого вантажу, що у свою чергу забезпечує виконання оперативного плану поїзної роботи. Цей інтелектуальний модуль було розроблено для реалізації на АРМ ДНЦ. Контроль за виконанням місцевої роботи в автоматизованому режимі здійснюють працівники «дорожнього контуру», відповідний модуль встановлюється на АРМ начальника оперативно-розпорядчого відділу (ДГ) (рисунок 2.1).

У сферу основної діяльності поїзного диспетчера входить забезпечення виконання поїзної роботи на дільниці. Відповідно до цього до загального комплексу повинна увійти система підтримки прийняття рішень для АРМ ДСЦ та АРМ ДНЦ, яка в оперативному режимі надає обґрунтовані вказівки відповідно

таких процесів: визначення пріоритету закінчення формування вантажних поїздів; визначення пріоритету при відправленні вантажних поїздів зі станції.

Слід зазначити, що оперативні вказівки щодо визначених процесів ґрунтуються на аналізі та узагальненні значного переліку факторів, які здійснюють безпосередній вплив на процеси поїздоутворення та просування поїздопотоків, а саме: кількість накопичених на певній колії вагонів; наявність вагонів необхідних призначень на станції в парку приймання і на під'їзних коліях, а також на підходах до станції; обсяг виконання операцій розпуску (тобто скільки составів необхідно розпустити для накопичення визначеного поїзда і як у цих складах розташовані відчепи для цього поїзда); наявність нитки графіка руху поїздів; можливості станції призначення або вантажоодержувача для переробки вагонів, що надійдуть на станцію; термін доставки вантажів; кількість вагонів з простроченим терміном в складі поїзда; відстань прямування поїзда; час на виконання вантажних операцій з вагонами в цьому поїзді; час на переробку на попутних технічних станціях (транзит з переробкою та без переробки).

Основною перевагою застосування в експлуатаційній роботі інтелектуальних модулів з виразу (2.1) є те, що вони дають змогу здійснювати управління поїзною роботою при досягненні максимального економічного ефекту від перевезень за рахунок визначення раціонального співвідношення елементів обігу вантажних вагонів у визначеному поїзді.

Для формування структури передачі оперативних даних та вказівок доцільно всі визначені раніше задачі представити в табличній формі (таблиця 2.1).

На основі сформованої структурної схеми взаємодії АРМ в умовах реалізації системи з розподіленим інтелектом, визначених та систематизованих задачах, які будуть вирішуватися на відповідних контурах управління перевізним процесом, стає можливим розроблення структури взаємодії АРМів, під час вирішення задач експлуатації при формуванні і просуванні вагоно- і поїздопотоків.

Таблиця 2.1 – Специфікація задач відповідним контурам

| Контури | АРМ | Задача | Скорочене позначення задачі |
|---|----------------|---|-----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Контур розроблення і затвердження оперативних планів | | | |
| Контур УЗ | АРМ ЦД | Концентрація оперативної інформації по шести регіональних філіях | K131 |
| | | Корегування даних оперативного плану | K132 |
| | | Формування основних параметрів оперативного плану | K133 |
| | | Передача даних оперативного плану у відповідні служби регіональних філій залізниці | K134 |
| Дорожній контур | АРМ Н | Затвердження оперативного плану, переданого з ЦД УЗ | K135 |
| | АРМ Д | Аналіз затвердженого оперативного плану та доведення основних його показників до оперативно-розпорядчого відділу (ДГ) | K136 |
| | АРМ ДГ | Аналіз основних показників оперативного плану та доведення його до безпосередніх виконавців (диспетчерського апарату дирекцій та залізниці) | K137 |
| Контур реалізації оперативних планів | | | |
| Контур | АРМ ДНЦ | Формування плану поїздоутворення та просування поїздів | K231 |
| | | Розроблення плану місцевої роботи | K232 |

| | | | |
|-----|--|---|-------------|
| ДЦУ | | Визначення доцільної кількості локомотивів для забезпечення виконання місцевої роботи | K233 |
|-----|--|---|-------------|

Продовження таблиці 2.1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------------|---|---|---|
| Лінійний контур | СЦСДМРА | Розроблення плану відправлення поїздів зі станції формування | K234 |
| | | Розроблення плану поїздоутворення шляхом визначення пріоритетного формування составів | K235 |
| | АРМ ДСЦ | Моніторинг за процесом накопичення вагонів на поїзди різних категорій | K236 |
| | | АРМ ДСП | Надання рекомендацій оперативному персоналу щодо приймання вантажного поїзда на станцію залежно від наявності вільних та справних колій |
| | Надання рекомендацій черговому по станції про приймання поїзда на визначену колію залежно від довжини поїзда та місткості колії приймання | | K238 |
| | Надання рекомендацій черговому по станції щодо вибору колії приймання залежно від категорії поїзда (транзит з переробкою, транзит без переробки, збірний, вивізний, передатний) | | K239 |
| | Раціональний вибір колії приймання поїзда, з подальшим його розформуванням, який забезпечить найбільш сприятливі умови щодо розформування | | K2310 |
| | Надання рекомендацій щодо вибору колії приймання відповідно до мінливих невизначених умов, які | | K2311 |

| | | | |
|-----------------|---------|---|--------------|
| | | позначаються на визначеній категорії поїздів визначених напрямків (прибуття поїздів із негабаритним вантажем та з вагонами, завантаженими небезпечними вантажами, для яких як у парку прибуття, так і в сортувальному передбачається виділення спеціальних колій) | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Лінійний контур | АРМ ДСП | Жорстке дотримання вимог технічно-розпорядчого акта станції щодо одночасного приймання та пропуску вантажних і пасажирських поїздів | K2312 |
| | | Запобігання діям, які можуть призвести до відправлення поїзда на фактично зайнятий перегін | K2313 |

Ця структура повинна відтворювати внутрішньоконтурні та зовнішньоконтурні зв'язки автоматизованих робочих місць різних рівнів управління перевезеннями. Також ця структура повинна у явному вигляді відображати повний цикл процедур, пов'язаних з поїзною роботою у вигляді комплексу експлуатаційних задач, розроблених для кожного АРМу з урахуванням посадових прав та обов'язків (рисунок 2.2).

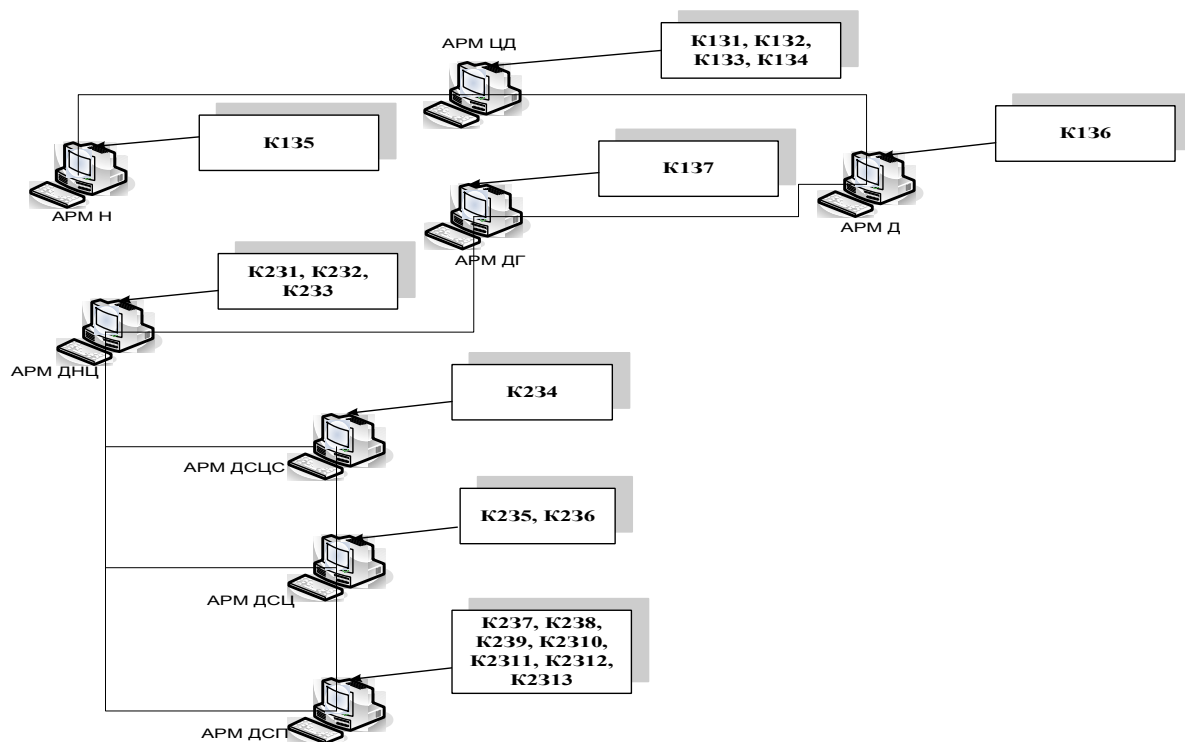


Рисунок 2.2 – Структурна схема взаємодії АРМів при вирішенні визначених задач експлуатації

3 Реалізація системи підтримки прийняття рішень оперативного управління з розподіленням штучним інтелектом

Для раціонального функціонування розробленої структури взаємодії відповідних АРМів необхідно визначити спосіб, яким черговий по станції буде отримувати кінцеву інформацію щодо визначеного парку та колії приймання або пропуску поїзда. Відповідно до цього доцільно відобразити схематичну інтерпретацію етапності формування та видачі даних черговому по станції щодо приймання поїзда (рисунок 3.1).

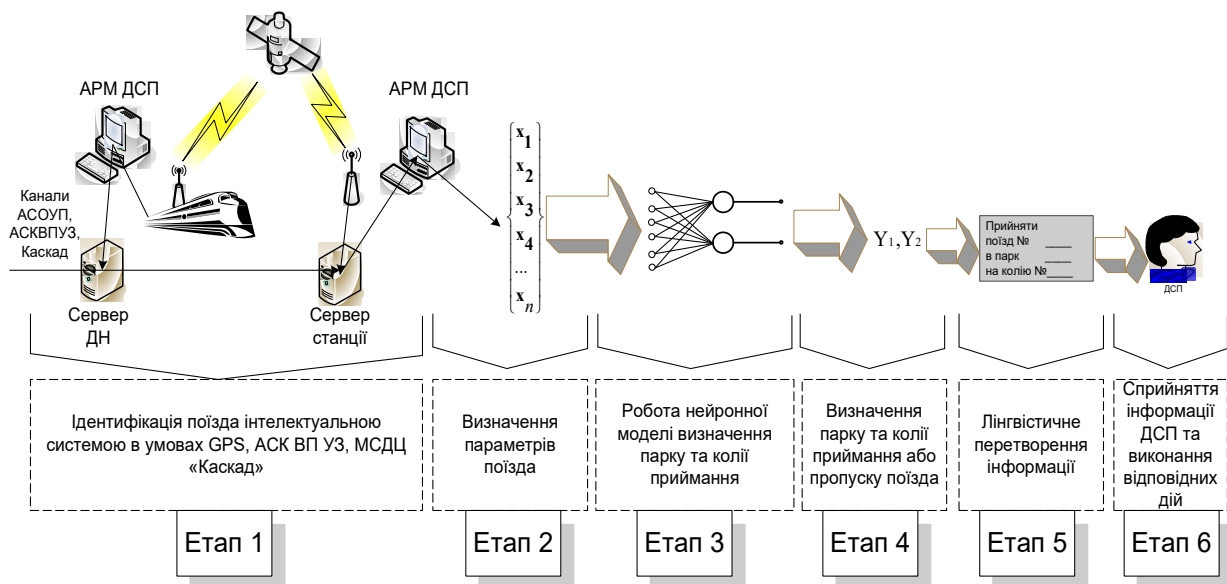


Рисунок 3.1 – Схематична інтерпретація етапності формування та видачі даних ДСП при виконанні поїзної роботи на станції

На першому етапі відбувається ідентифікація рухомої одиниці в умовах функціонування діючої автоматизованої систем передачі інформації та перспективних систем стеження за рухомими об'єктами, до яких належить АСК ВП УЗ-Є. При функціонуванні цих систем інформацію про оперативний поїзний стан будуть вводити чергові по станції, тобто ідентифікація поїздів відбувається в автоматизованому режимі за умови впливу людського фактора, що буде негативно позначатися на безпеці руху та якості виконання експлуатаційної роботи.

Інформаційну підтримку прямування поїзда забезпечує автоматизований комплекс на основі даних, що надходять від колійних датчиків, розташованих у межах диспетчерської дільниці.

Найбільш перспективними системами автоматичної ідентифікації рухомого складу у реальному режимі часу є системи, які базуються на застосуванні системи глобального супутникового позиціонування GPS. Ця система дає змогу отримувати точні дані про місцезнаходження рухомої одиниці в реальному режимі часу (з незначним відставанням), що надає можливості найбільш раціонально реалізувати інтелектуальну систему приймання та пропуску поїздів по станціях.

На другому етапі на основі інформації, яка надійшла по зазначених каналах зв'язку, відбувається визначення основних

параметрів, які характеризують основні техніко-технологічні якості поїзда.

На третьому етапі починається процедура визначення колії приймання або пропуску поїзда по станції на основі активації сформованої двошарової нейронної мережі, вхідними параметрами для якої є вектор даних $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$.

На четвертому етапі отримуються конкретні закодовані значення парку та колії приймання або пропуску поїзда.

На п'ятому етапі повинна виконуватися операція декодування отриманих даних четвертого етапу. Причому слід зазначити, що для раціональної роботи інтелектуальної системи доцільно застосовувати зрозумілий (дружній) інтерфейс, який буде легко сприйматися людиною-оператором (черговим по станції). Відповідно до цього зазначену операцію декодування доцільно виконувати при застосуванні лінгвістичної форми. Згідно з цим пропонується така лінгвістична форма, яка може вважатися елементом бази знань інтелектуальної системи приймання та пропуску поїздів по залізничних станціях (таблиця 3.1).

На шостому етапі, керуючись отриманими лінгвістичними порадами, черговий по станції безпосередньо виконує відповідні операції на блоці управління (пульт-табло) або на АРМ ДСП.

Таблиця 3.1 – Перетворення значень вихідного вектора нейронної мережі в лінгвістичну форму

| Операція | Код нейронної мережі | Лінгвістична форма |
|-----------|----------------------|---|
| Приймання | Y_1, Y_2 | «Прийняти поїзд № <u>XXXX</u> в парк <u>Y1</u> на колію <u>Y2</u> » |
| | | «Пропустити поїзд № <u>XXXX</u> в парк <u>Y1</u> по колії <u>Y2</u> » |

Сформована інтелектуальна система приймання та пропуску поїздів, за умови реалізації її при використанні GPS, додатково буде запобігати відправленню поїздів на зайнятий перегін, що дасть змогу перевести безпеку експлуатаційної роботи на більш високий якісний рівень.

Таким чином, було реалізовано комплекс задач K237 – K2313 контуру реалізації оперативних планів.

Опис технології функціонування контуру виконання оперативних планів доцільно продовжити формуванням процедури виконання місцевої роботи дільниці, оскільки вона є основою для формування технології просування поїздопотоків по напрямках.

Відповідно до цього необхідно відтворити процедуру вивезення вагонів з місцевим вантажем із проміжних та вантажних станцій дільниці. Виконання цієї функції безпосередньо забезпечують маневровий та поїзний диспетчери. Причому перший повинен забезпечувати моніторинг за процесом накопичення вагонів на поїзди різних категорій (K236), а другий повинен забезпечити розроблення плану місцевої роботи (K232) та визначення необхідної кількості локомотивів для забезпечення виконання місцевої роботи (K233).

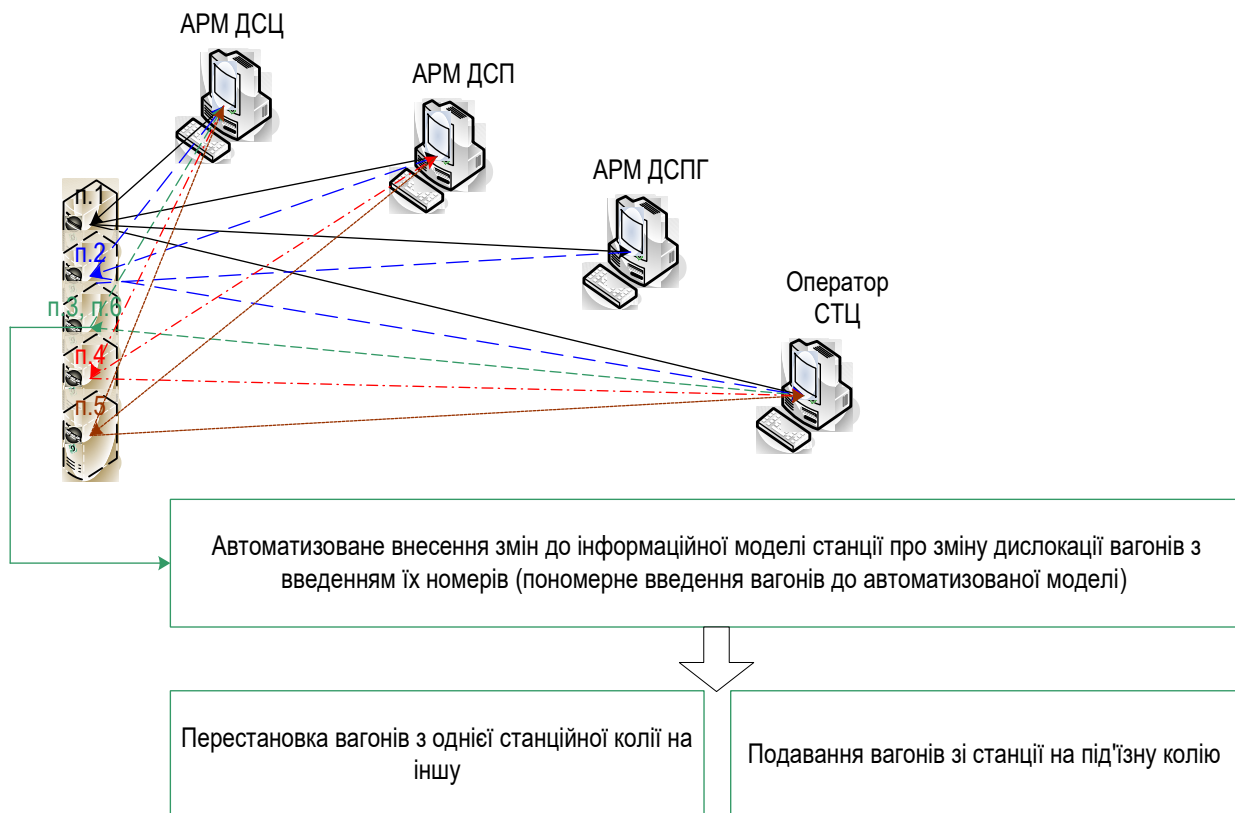
Слід зазначити, що на цей момент практично на всіх технічних та великих вантажних станціях процедура автоматизованого моніторингу за процесом накопичення вагонів на поїзди різних категорій на здійснюється на основі поетапного введення інформації про вагонний стан операторами станційного технологічного центру. Детальна схема виконання операцій та передачі відповідних повідомлень, які забезпечують автоматизований облік часу простою вагонів на станції (у сортувальному та відправному парках) та під'їзних коліях наведена на рисунку 3.2.

Як видно з рисунка 3.2, моніторинг за простоем вагонів на станції є складним процесом зі значним впливом людського фактора. Для зменшення впливу цього фактора та підвищення точності обліку простою, а також підвищення продуктивності праці, як і у попередньому випадку, пропонується застосовувати GPS-технологію, яка дасть змогу виконувати операції, пов'язані з обліком перебування вагонів на станції в автоматичному режимі.

При цій технології введення інформація вручну буде здійснюватися тільки один раз клієнтом або прийомоздавачем, а в подальшому інформація буде надходити «від колеса». У цьому випадку мається на увазі, що всі розрахунки будуть автоматичними, починаючи від визначення місця дислокації вагона і закінчуючи обліком часу, який вагон перебував на тому чи іншому елементі колійного розвитку станції. Таким чином, введення інформації про стан вагона буде не поетапним, а постійним, тобто термін «моніторинг» набуває повного сенсу. Для реалізації цієї технології необхідно оснастити кожний вагон, який має право курсувати по коліях УЗ, GPS-датчиком. Таким чином, схема, відображена на рисунку 3.2, буде трансформована в схему, наведену на рисунку 3.3.

Запропоновані технологічні підходи автоматизованого й автоматичного моніторингу за процесом накопичення вагонів на поїзди різних категорій забезпечує виконання задачі К236.

Оскільки забезпечення виконання транспортного процесу характеризується як міжрівневою, так і внутрішньорівневою взаємодією працівників залізничного транспорту, то в цьому випадку вирішення задачі К236 дає можливість вирішити задачі верхнього рівня: К232 (розроблення плану місцевої роботи) та К233 (визначення необхідної кількості локомотивів для забезпечення виконання місцевої роботи).



- п.1 – повідомлення про номер колії парку приймання та номер поїзда, який підлягає першочерговому розформуванню (передається від ДСЦ для ДСП, ДСПГ та оператора СТЦ);
- п.2 – повідомлення про безпосереднє виконання (п.1) (передається від ДСП та ДСПГ для ДСЦ та оператора СТЦ);
- п.3 – повідомлення про початок автоматизованого відліку часу з моменту постановки вагонів на колію накопичення станції до фактичного відправлення вагонів зі станції (передається від оператора СТЦ до ДСЦ);
- п.4 – повідомлення про номер колії та кількість вагонів, які будуть переставлятися на іншу колію станції або подаватися на під'їзну колію (передається від ДСЦ для ДСП та оператора СТЦ);
- п.5 – повідомлення про безпосереднє виконання (п.4) (передається від ДСП для ДСЦ та оператора СТЦ);
- п.6 – повідомлення про початок автоматизованого відліку часу з моменту подавання вагонів на під'їзну колію до моменту повернення вагонів на колію станції (передається від оператора СТЦ до ДСЦ)

Рисунок 3.2 – Принципова схема передачі повідомлень, які забезпечують автоматизований облік часу простою вагонів на станції

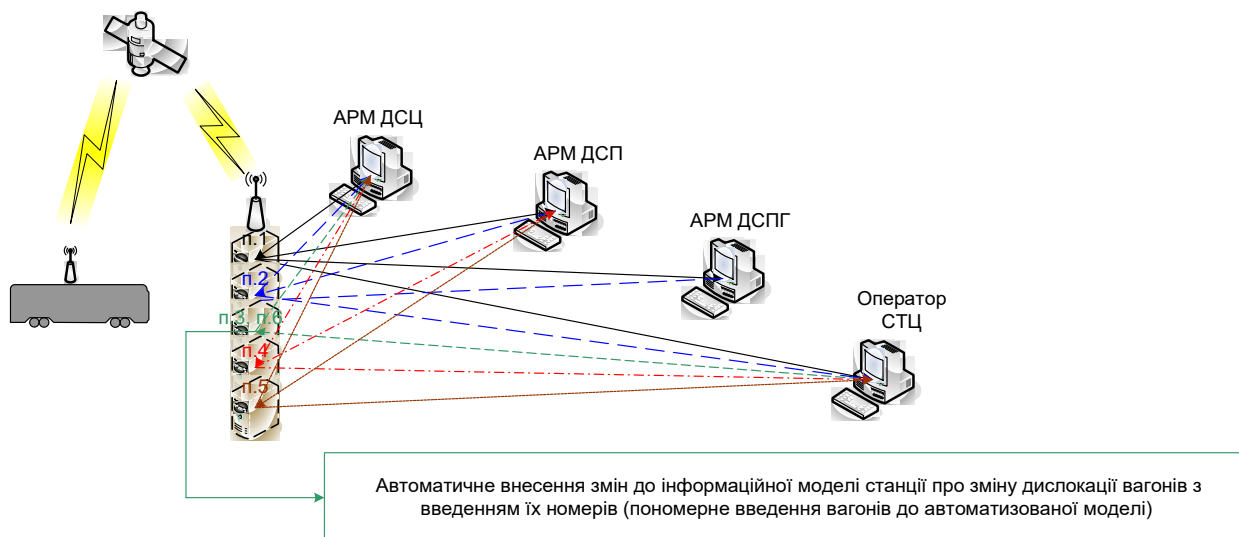


Рисунок 3.3 – Принципова схема передачі повідомлень, які забезпечують автоматичний облік часу простою вагонів на станції

Для скорочення часу прийняття оперативного рішення процедуру визначення способу обслуговування станцій дільниці локомотивами доцільно вирішувати при застосуванні генетичного алгоритму. Таким чином, процес вирішення задач К232 та К233 можна подати у вигляді рисунка 3.4.

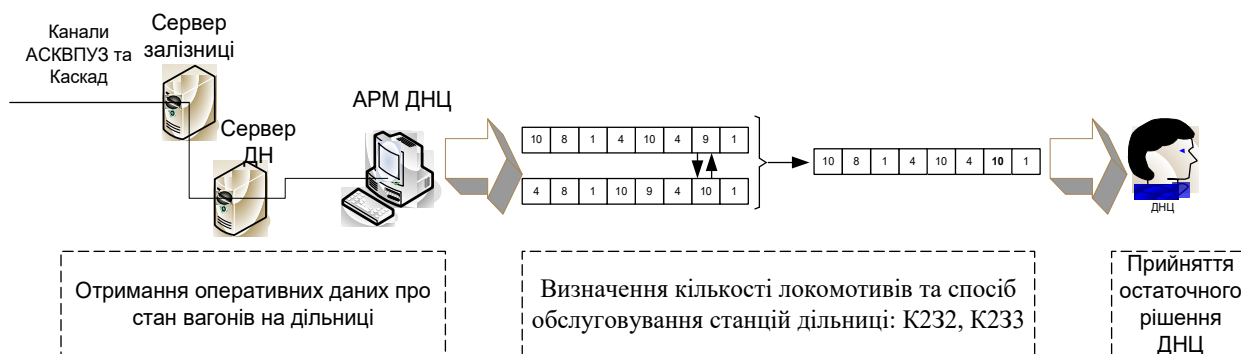


Рисунок 3.4 – Схематичне подання процесу визначення кількості локомотивів та способів обслуговування станцій дільниці на основі генетичного алгоритму

Як видно з рисунка 3.4, передбачається, що усі дані для розрахунку прогнозних значень терміну надходження поїздів з місцевим вантажем надходять по каналах АСК ВП УЗ та МСДЦ «Каскад». У майбутньому для отримання достовірних даних про місцезнаходження вагонів з місцевим вантажем та виконання

прогнозних розрахунків щодо часу їх надходження на станції призначення доцільно застосовувати GPS-технології.

Після виконання процедури прогнозування часу надходження вагонів на станції для виконання з ними вантажних операцій сформована модель на базі генетичного алгоритму, яка визначає раціональну послідовність їх обслуговування та розраховує необхідну кількість локомотивів.

Завдяки вирішенню задачі K232 та K233 поїзний диспетчер отримує можливість в оперативних умовах визначати найбільш раціональні варіанти обслуговування станцій дільниці локомотивами для забезпечення виконання місцевої роботи.

Після вирішення задач, пов'язаних з плануванням та виконанням місцевої роботи на диспетчерській дільниці, стає можливим дослідити двозадачний комплекс щодо виконання експлуатаційної роботи пов'язаної з формуванням та просуванням поїздопотоків, а саме: задачі K235 – «розроблення плану поїздоутворення шляхом визначення пріоритетного формування составів» (для АРМ ДСЦ) та задачі K231 – «формування плану поїздоутворення та просування поїздів» (для АРМ ДНЦ). Згідно з цим на рисунку 3.5 наведено візуальну інтерпретацію формування плану поїздоутворення на залізничній станції в умовах функціонування АРМ ДСЦ.

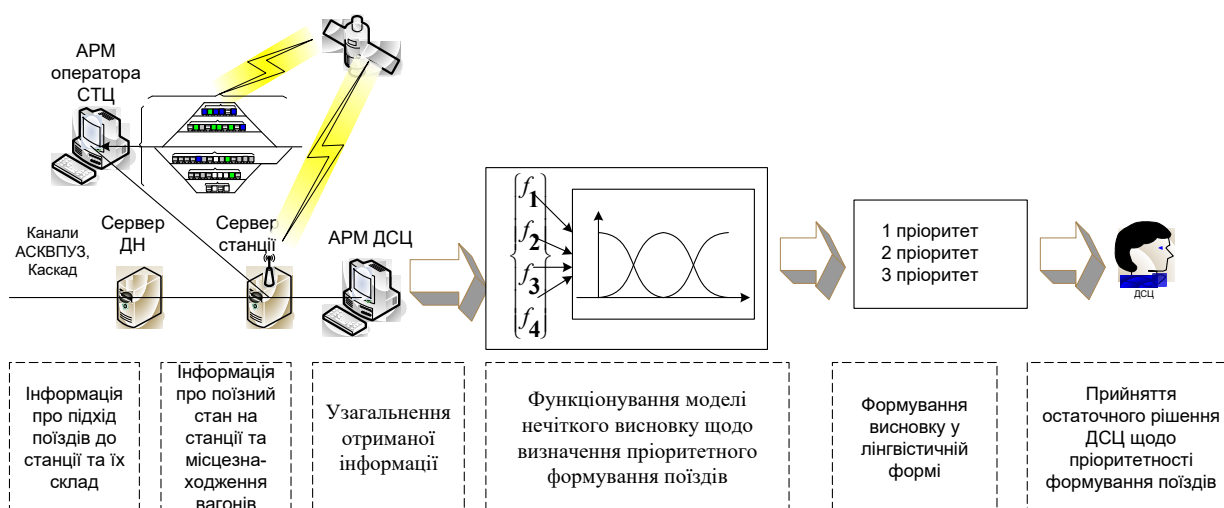




Рисунок 3.5 – Візуальна інтерпретація формування плану поїздоутворення на залізничній станції

З рисунка 3.5 видно, що після того, як буде завершено етап «функціонування моделі нечіткого висновку щодо визначення

пріоритетного формування поїздів», починається етап «формування висновку у лінгвістичній формі». Це у свою чергу можливо при існуванні бази знань за типом «ситуація-дія», яка дасть змогу на основі оперативної ситуації, що склалася на станції, надати раціональне рішення у лінгвістичній формі щодо пріоритету формування поїздів.

Оскільки оперативна поїзна ситуація на станції постійно змінюється, вирішальну таблицю бази знань достатньо сформувати за типом «ситуація-дія» для крайніх значень вхідних параметрів (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Вирішальна база знань за типом «ситуація-дія» для крайніх значень вхідних параметрів

| Ситуація | Характеристика ситуації | Визначення пріоритету |
|----------|---|-----------------------|
| S_1 |  | 1-й пріоритет поїзда |
| S_2 | <ul style="list-style-type: none"> <"m", 40в> → "неповноскладаний" <"n", 3п> → "середнє значення" <"Δv_п", 1г> → "доцільно" <"Δv_п", 1г> → "недоцільно" | 2-й пріоритет поїзда |
| S_3 |  | 3-й пріоритет поїзда |

У цьому випадку ситуації S_1 , S_2 , S_3 – це множини ситуацій, у результаті виникнення яких поїзду можливо надати відповідно перший, другий, третій пріоритет, тобто $S_1 = \{s_1^1, s_1^2, \dots, s_1^q\}$, $S_2 = \{s_2^1, s_2^2, \dots, s_2^w\}$, $S_3 = \{s_3^1, s_3^2, \dots, s_3^e\}$, де q, w, e – відповідно кількість ситуацій, у результаті виникнення яких буде отримано перший, другий, третій пріоритет.

Таким чином, було сформовано технологію автоматизованого розроблення плану поїздоутворення шляхом визначення пріоритетного формування складів для маневрового диспетчера, яка у свою чергу є вирішенням задачі K235.

Слід зазначити, що вирішення задачі K235, окрім ДСЦ, має суттєве значення і для ДНЦ, оскільки задача планування поїздоутворення, як правило, в оперативних умовах вирішується цими двома працівниками. Завдяки вирішенню цієї задачі АРМ поїзного диспетчера може завчасно складати в автоматичному

режимі план відправлення поїздів зі станцій дільниці з підв'язкою їх до ниток графіка руху поїздів.

Необхідно зазначити, що при вирішенні задач, пов'язаних з поїзною роботою однією з основних задач, які покладено на ДНЦ, є просування поїздів по дільниці. Відповідно до цього наступною задачею комплексу є K231, вирішення якої дасть змогу поїзному диспетчеру найбільш раціонально керувати поїздопотокami в оперативному режимі.

Слід зазначити, що така процедура була б нераціональною, якщо вона буде локальною щодо окремої диспетчерської дільниці. Тому ця технологія просування поїздопотоків спрямована не на покращення експлуатаційних показників окремої дільниці або дирекції, а має своєю метою отримання найбільшого прибутку від перевезень за рахунок системного підходу.

Для раціонального виконання цієї процедури необхідно сформувати систему підтримки оперативного персоналу (ДНЦ), яка дасть змогу в оперативних умовах приймати раціональні рішення щодо черговості відправлення поїздів зі станцій відповідно до діючого графіка руху. На рисунку 3.6 наведено візуальну інтерпретацію формування плану просування поїздів по дільниці з урахуванням елементів обігу вантажного вагона шляхом визначення пріоритетності їх відправлення з розмежувальних пунктів в умовах функціонування АРМ ДНЦ.

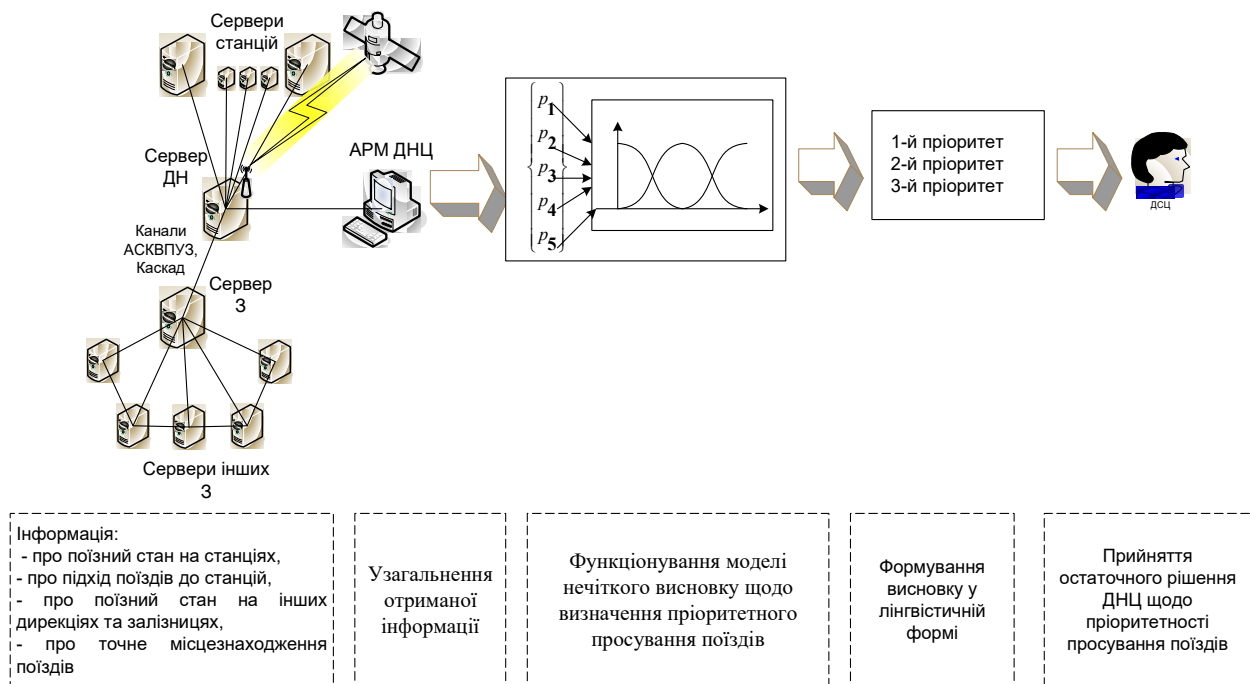


Рисунок 3.6 – Візуальна інтерпретація процедури пріоритетного пропускання поїздопотоків

Як і при вирішенні задачі K235, у цьому випадку після того, як буде завершено етап «функціонування моделі нечіткого висновку щодо визначення пріоритетного пропускання поїздів», починається етап «формування висновку у лінгвістичній формі». Це у свою чергу можливо при існуванні бази знань за типом «ситуація-дія», яка дасть змогу на основі оперативної ситуації, що склалася на полігонах Укрзалізниці, надати раціональне рішення у лінгвістичній формі щодо пріоритету пропуску поїздів по дільниці.

Формування вирішальної таблиці бази знань, як і у попередньому випадку, буде базуватися на визначенні «ситуацій-дій» для крайніх значень вхідних параметрів (таблиця 3.3).

У цьому випадку ситуації V_1, V_2, V_3 – це множини ситуацій, у результаті виникнення яких поїзду при відправленні з розмежувального пункту можливо надати відповідно перший, другий, третій пріоритет, тобто $V_1 = \{v_1^1, v_1^2, \dots, v_1^z\}$, $V_2 = \{v_2^1, v_2^2, \dots, v_2^x\}$, $V_3 = \{v_3^1, v_3^2, \dots, v_3^c\}$, де z, x, c – відповідно кількість ситуацій, у результаті виникнення яких буде отримано перший, другий, третій пріоритет.

Таблиця 3.3 – Вирішальна база знань за типом «ситуація-дія» для крайніх значень вхідних параметрів

| Ситуація | Характеристика ситуації | Визначення пріоритету |
|----------|-------------------------|-----------------------|
| V_1 | | 1-й пріоритет поїзда |
| V_2 | | 2-й пріоритет поїзда |
| V_3 | | 3-й пріоритет поїзда |

Сформована процедура щодо визначення пріоритету при просуванні поїздопотоків дає змогу поїзному диспетчеру обирати конкретну ознаку як головну при прийнятті рішення у випадку, якщо в результаті функціонування моделі було отримано два або більше однакових пріоритети. Візуальну інтерпретацію цієї події наведено на рисунку 3.7.

З рисунка 3.7 видно, що фактично в результаті функціонування моделі отримано дві ситуації, виникнення яких приведе до отримання двох поїздів другого пріоритету, але ознаки ситуації v_1^1 в більшому ступені відповідають першому пріоритету, ніж v_1^2 , оскільки при подальшому зменшенні параметра p_1 ситуація V_2 перейде у ситуацію V_3 .

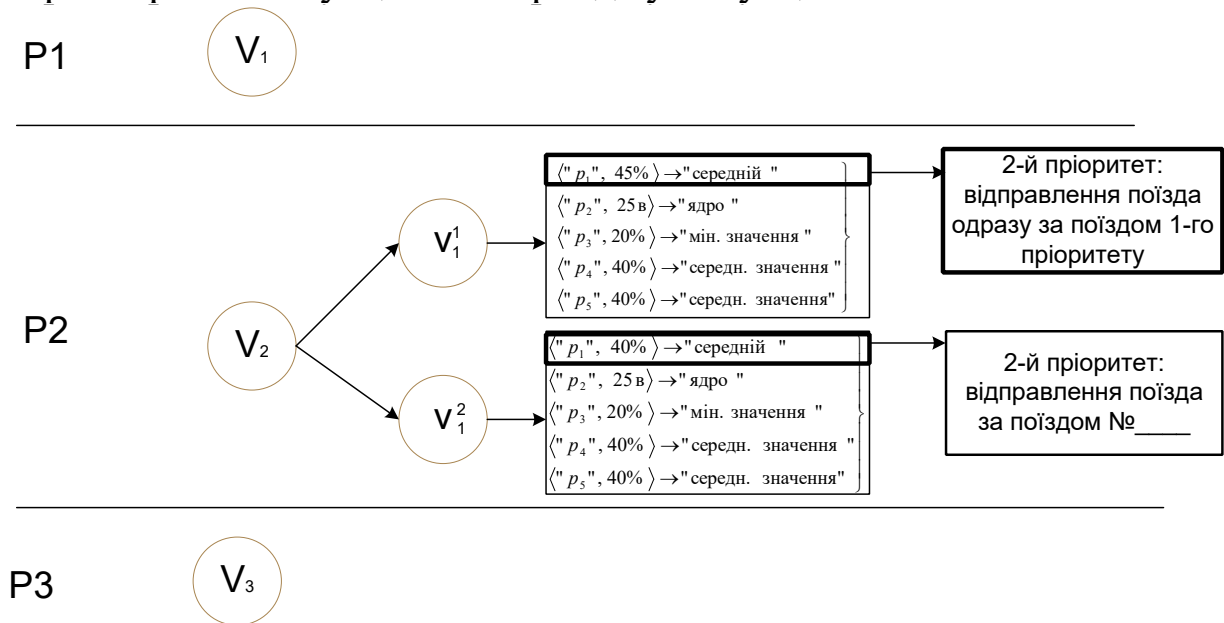


Рисунок 3.7 – Візуальна інтерпретація послідовності дій при відправленні поїздів з однаковими пріоритетами

Таким чином, було сформовано технологію автоматизованого розроблення плану пропуску поїздів по дільницях, яка дає змогу на основі аналізу оперативної ситуації, що склалася на полігонах Укрзалізниці, надати раціональне рішення у лінгвістичній формі щодо пріоритету пропуску поїздів по дільниці, це у свою чергу є вирішенням задачі K231. Вирішення задачі K231 є закінченням формування двозадачного комплексу виконання експлуатаційної роботи, пов'язаної з формуванням та просуванням поїздопотоків.

Аналогічно вирішується задача K234 «розроблення плану відправлення поїздів зі станції формування», оскільки її вирішення безпосередньо пов'язане з визначенням послідовності відправлення поїздів, яку складає поїзний диспетчер при вирішенні задачі K231.

Після того, як було сформовано технологію функціонування «контур реалізації оперативних планів», можливо перейти до опису технології функціонування «контуру розроблення і затвердження оперативних планів» та узагальнення їх у єдиний технологічний комплекс.

З таблиці 2.1 та переліку основних функцій планування «дорожнього контуру» виходить, що процедура вирішення задач K135, K136, K137 базується на інформаційній структурі ведення та передачі планових даних на рівні залізниці. Відповідно до цього пропонується на автоматизовані робочі місця (АРМ Н, АРМ Д, ДРМ ДГ) встановити відповідні програмні модулі. Причому слід зазначити, оскільки розроблений нечіткий модуль дає змогу надавати обґрунтовані рішення щодо формування та просування поїздопотоків не тільки в межах певної дільниці або дирекції, а в межах полігона всіх регіональних філій, з яких складається Укрзалізниця, то в даному випадку роль дорожнього диспетчера (ДГП) знижується, тим самим знижується вплив людського фактора на експлуатаційну роботу. На ДГП в основному при цій технології оперативного просування поїздопотоків буде покладено контролюючі функції, які передбачають дотримання поїзними диспетчерами наданих рішень їхніми АРМами, також на дорожніх диспетчерів покладено функції регулювання перевізного процесу в

нестандартних ситуаціях та контроль за виконанням вказівок верхніх рівнів управління («контуру розроблення і затвердження оперативних планів») щодо виконання позапланових перевезень, не передбачених діючим планом формування та графіком руху поїздів.

У «контурі УЗ» відповідно до таблиці 2.1 та переліку основних функцій цього контуру вирішуються задачі затвердження планів поїзної роботи та контроль за їх виконанням. Апарат Департаменту управління рухом отримує потужний автоматизований інструмент стеження за виконанням оперативних планів. Передбачається, що відповідні працівники Департаменту ЦД будуть стежити в автоматизованому режимі за процесом дотримання працівниками низових контурів підказок, які надають сформовані моделі. На випадок відмови диспетчерського персоналу низових контурів від запропонованого плану система автоматично сповіщає керівників верхніх рівнів про дану подію (рисунок 3.8). На цьому етапі це є необхідним, оскільки запропонована технологія не передбачає повного автоматичного управління процесом перевезень. Згідно з цим є значний вплив людського фактора, тобто працівники низових рівнів можуть постійно відмовлятися від обґрунтованих рішень автоматизованої системи на користь своїх уявлень про методику виконання перевізного процесу та власного досвіду.

На рисунку 3.8 наведено структурну схему контролю за дотриманням вимог інтелектуальної автоматизованої системи оперативного управління перевезеннями, яка дає змогу піднести технологію процесу перевезень на новий якісний рівень.

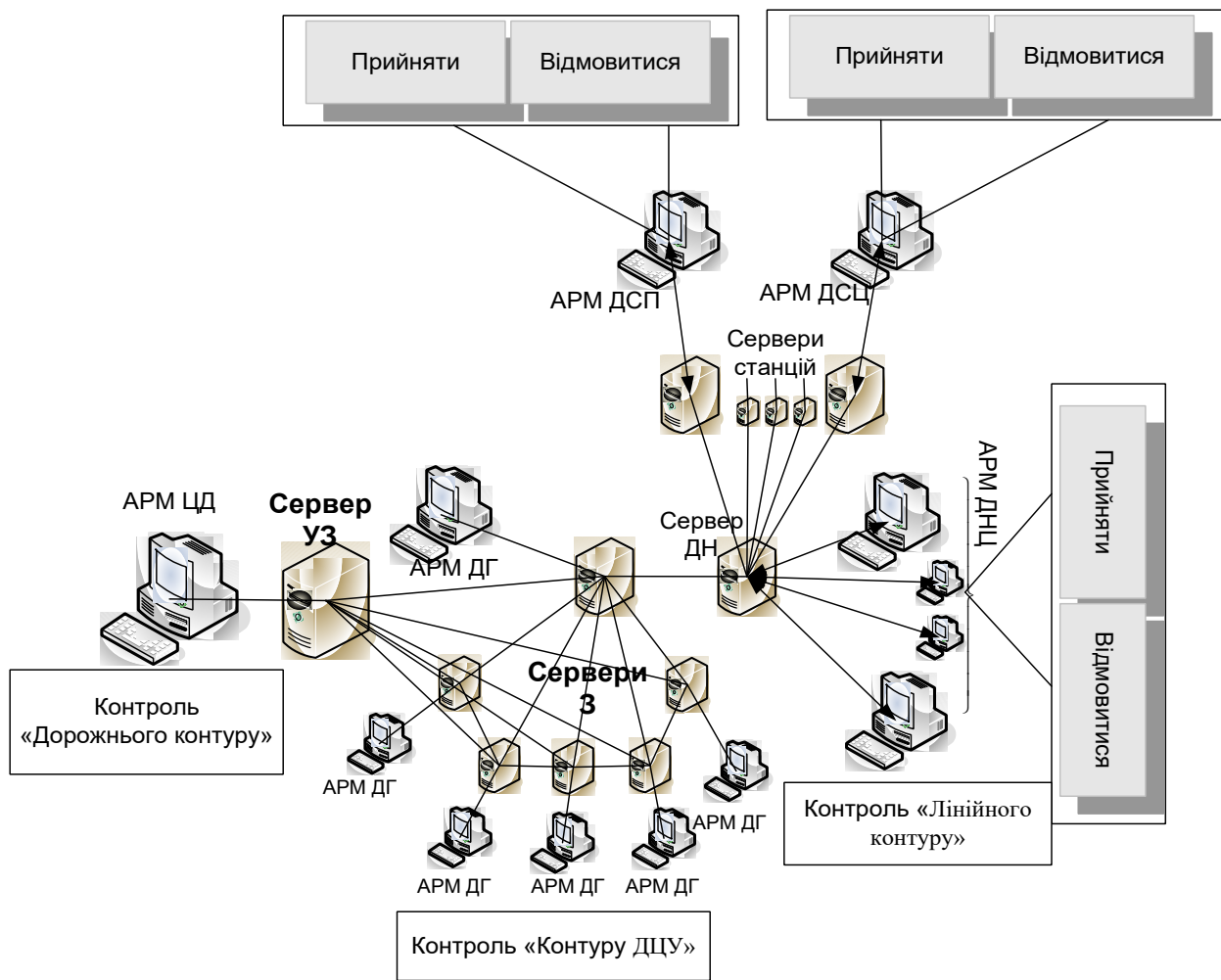


Рисунок 3.8 – Структурна схема контролю за дотриманням вимог інтелектуальної автоматизованої системи оперативного управління перевезеннями

Список літератури

1 Лаврухін О. В., Долгополов П. В., Петрушов В. В., Ходаківський О. М. Інформаційні системи та технології при управлінні залізничними перевезеннями. Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2011. 118 с.

2 Бобровский В. И., Козаченко Д. Н., Вернигора Р. В., Малашкин В. В. Функциональное моделирование работы железнодорожных станций: монография. Днепропетровск: ДНУЖТ, 2015. 269 с.

3 Автоматизированные системы управления на железнодорожном транспорте / под ред. П. С. Грунтова. Гомель: БелИИЖТ, 1993. Ч. 4. 52 с.

4 Амосов Н. М., Байдык Т. Н., Гольцев А. Д. Нейрокомпьютеры и интеллектуальные роботы. Киев: Наук. думка, 1994. 272 с.

5 Лаврухін О. В. Оперативне корегування вагонопотоку в межах існуючого плану формування поїздів. *Комунальне господарство міст*: наук.-техн. зб. Київ: Техніка, 2004. Вип. 58. С. 221–225.

6 Лаврухін О. В. Оптимізація роботи залізничних підрозділів на основі застосування нейронних мереж. *Зб. наук. праць*. Донецьк: ДонІЗТ, 2005. Вип. 3. С. 20–26.

7 Лаврухін О. В., Петрушов В. В. Застосування апарату нечітких множин для моделювання системи управління роботою залізничного вузла. *Зб. наук. праць*. Донецьк: ДонІЗТ, 2006. Вип. 5. С. 13–17.

8 Лаврухін О. В. Розробка моделі системи підтримки прийняття рішень на залізничному транспорті. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені В. Лазаряна*. Дніпропетровськ: ДПТ, 2006. Вип. 11. С. 84–86.

9 Лаврухін О. В. Розробка моделі формування збірного поїзда в умовах нечіткої вхідної інформації. *Зб. наук. праць*. Донецьк: ДонІЗТ, 2007. Вип. 9. С. 24–30.

10 Лаврухін О. В., Мікулін І. В. Удосконалення автоматизованих робочих місць оперативного персоналу на базі інформаційно-керуючих систем. *Зб. наук. праць*. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. Вип. 66. С. 5–10.

11 Лаврухін О. В., Козаков Д. В. Удосконалення технології комерційного огляду на сортувальній прикордонній станції. *Зб. наук. праць ІППК*. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. Вип. 84. С. 72–80.

12 Лаврухін О. В., Прохоров В. М. Принципи удосконалення технології управління маневровою роботою на основі байєсових мереж. *Зб. наук. праць*. Донецьк: ДонІЗТ, 2007. Вип. 11. С. 21–27.

13 Лаврухін О. В., Бочаров О. П., Горбачов О. А. Методи удосконалення системи змінно-добового планування на основі теорії нейронних мереж. *Зб. наук. праць*. – Донецьк: ДонІЗТ, 2007. Вип. 12. С. 25–33.

14 Лаврухін О. В., Мікулін І. В. Удосконалення автоматизованих робочих місць оперативного персоналу на базі інформаційно-керуючих систем. Тези доп. Першої міжнар. конф. [„Ресурсозберігаючі технології в експлуатації засобів транспорту в умовах реформування залізниць України”], Харків. (22–25 травня 2007 р.). Харків: УкрДАЗТ, 2007. С. 6.

15 Лаврухін О. В. Удосконалення технології розподілу вагонів на основі автоматизації процесів змінно-добового планування. Тези доп. 4-ї міжнар. наук.-практ. конф. [„Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України”]. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. Харків: УкрДАЗТ, 2008. Вип. 22. С. 63–64.

16 Лаврухін О. В., Левченко І. О. Питання удосконалення оперативного планування роботи вантажної станції в умовах нечіткої вихідної інформації. Тези міжнар. наук.-практ. конф. «Сучасні інформаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті» (15–16 травня 2008 р.). Дніпропетровськ: ДІТ, 2008. С. 16–17.

17 Лаврухін О. В., Доценко Ю. В. Розробка математичної моделі динамічного аналізу елементів обігу вантажного вагона. *Зб. наук. праць*. Донецьк: ДонІЗТ, 2008. Вип. 14. С. 18–26.

18 Лаврухін О. В., Доценко Ю. В. Розробка динамічної моделі визначення категорії поїздів на основі нечіткої логіки. *Зб. наук. праць*. Донецьк: ДонІЗТ, 2008. Вип. 15. С. 9–16.

19 Лаврухін О. В. Удосконалення технології розподілу вагонів на основі автоматизації процесів змінно-добового планування. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. Харків: 2009. Вип. 23. С. 62–65.

20 Лаврухін О. В. Удосконалення технології змінно-добового планування рівня станцій на основі нейронних мереж. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: наук.-техн. журнал*. Харків: УкрДАЗТ, 2008. Вип. 1. С. 10–14.

21 Лаврухін О. В., Махан А. С. Імітаційна модель процесу формування поїздів на технічних станціях. *Зб. наук. праць ІППК*. Харків: УкрДАЗТ, 2008. Вип. 92. С. 39–42.

22 Лаврухін О. В., Старостіна Ю. С. Удосконалення системи оперативного планування експлуатаційної роботи сортувальної станції. *Зб. наук. праць*. Донецьк: ДонІЗТ, 2008. Вип. 13. С. 12–21.

23 Лаврухін О. В., Левченко І. О. Удосконалення оперативного планування роботи вантажної станції в умовах нечіткої вихідної інформації. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені В. Лазаряна*. Дніпропетровськ: ДІТ, 2008. Вип. 25. С. 162–164.

24 Лаврухін О. В., Таран К. Ф., Тарасенко Т. В. Удосконалення оперативного планування роботи залізничної станції в умовах нечіткої інформації. *Зб. наук. праць ІППК*. Харків: УкрДАЗТ, 2008. Вип. 93. С. 40–47.

25 Лаврухін О. В., Доценко Ю. В. Розробка математичної моделі динамічного аналізу елементів обігу вантажного вагона. *Зб. наук. праць*. Донецьк: ДонІЗТ, 2008. Вип. 14. С. 18–26.

26 Лаврухін О. В., Распутін М. М. Технологія роботи припортового вузла на основі логістичних принципів. *Зб. наук. праць*. Харків: УкрДАЗТ, 2008. Вип. 92. С. 54–57.

27 Лаврухін О. В., Доценко Ю. В. Розробка динамічної моделі визначення категорії поїздів на основі нечіткої логіки. *Зб. наук. праць*. Донецьк: ДонІЗТ, 2008. Вип. 15. С. 9–16.

28 Лаврухін О. В., Прохоров В. М., Кутоманов В. О. Розробка системи підтримки прийняття рішень оперативного персоналу залізниць на основі сучасних інформаційних технологій. *Зб. наук. праць*. Харків: УкрДАЗТ, 2008. Вип. 93. С. 40–47.

29 Лаврухін О. В. Підходи щодо створення автоматизованої системи управління місцевою роботою з елементами штучного інтелекту. Тези доповідей 5-ї міжнар. наук.-практ. конф. «Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України». *Вісник економіки транспорту і промисловості*. Харків: УкрДАЗТ, 2009. Вип. 27. С. 58.

30 Лаврухін О. В., Лень С. В. Удосконалення технології виконання місцевої роботи диспетчерської дільниці шляхом впровадження автоматизації. *Зб. наук. праць*. Харків: УкрДАЗТ, 2010. Вип. 112. С. 115–119.

31 Лаврухін О. В. Формування критерію безпеки для оцінки транспортної події – прийняття поїзда на зайняту колію. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*: наук.-техн. журнал. Харків: УкрДАЗТ, 2011. Вип. 2. С. 102–108.

32 Лаврухін О. В. Формування наукових підходів щодо пріоритетного формування поїздів при застосуванні інтелектуальних методів. *Зб. наук. праць*. Донецьк: ДонІЗТ, 2010. Вип. 24. С. 11–18.

33 Лаврухін О. В., Доценко Ю. В., Задевалов-Оганесян А.А., Рудь П. В. Удосконалення оперативного планування поїздоутворенням на залізничній станції в умовах нечіткої інформації. *Зб. наук. праць*. Харків: УкрДАЗТ, 2011. Вип. 112. С. 76–80.

34 Лаврухін О. В., Доценко Ю. В. Удосконалення системи оперативного планування при вирішенні задачі поїздоутворення в умовах нечіткої вихідної інформації. *Вісник донецької академії автомобільного транспорту*. Донецьк: ДААТ, 2011. Вип. 1. С. 42–50.

35 Лаврухін О. В. Розробка підходів щодо пріоритетного формування поїздів на основі застосуванні інтелектуальних методів. *Зб. наук. праць*. Донецьк: ДонІЗТ, 2011. Вип. 25. С. 32–38.

36 Лаврухін О. В. Визначення цільової функції пріоритетного відправлення вантажних поїздів зі станції. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2011. Вип. 2/10 (50). С. 20–22.

37 Лаврухін О. В. Формування підходів щодо реалізації системи підтримки прийняття рішень оперативного управління з розподіленням штучним інтелектом. Матеріали доп. 24-ї міжнар. конф. [„Перспективні комп’ютерні, керуючі і телекомунікаційні системи для залізничного транспорту України”]. Харків: УкрДАЗТ, 2011. С.126.

38 Лаврухін О. В. Формування підходів щодо реалізації системи підтримки прийняття рішень оперативного управління експлуатаційною роботою з розподіленням штучним інтелектом. Тези доп. 7-ї міжнар. наук.-практ. конф. [«Проблеми

міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України»]. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. Харків: УкрДАЗТ, 2011. Вип. 34. С. 87–88.

39 Лаврухін О. В. Визначення економічних параметрів цільової функції пріоритетного відправлення вантажних поїздів. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2011. Вип. 3/3. С. 29–31.

40 Лаврухін О. В., Мартіросян С. Формування моделі визначення раціональних варіантів пропуску поїздів по дільниці. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2011. Вип. 4/3 (52). С. 35–37.

41 Лаврухін О. В. Формування підходів щодо реалізації системи підтримки прийняття рішень оперативного управління експлуатаційною роботою з розподіленням штучним інтелектом. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. Харків: УкрДАЗТ, 2011. С. 87–88.

42 Лаврухін О. В. Визначення технологічних параметрів цільової функції пріоритетного відправлення вантажних поїздів. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*: Зб. наук. праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХПІ», 2011. Вип. 23. С. 91–95.

43 Лаврухін О. В. Формування основ щодо розробки автоматизованої інтелектуальної системи управління рухом вантажних поїздів на станції. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*: наук.-техн. журнал. Харків: УкрДАЗТ, 2011. Вип. 3. С. 3–8.

44 Лаврухін О. В. Формування підходів щодо реалізації системи підтримки прийняття рішень оперативного управління з розподіленням штучним інтелектом. *Зб. наук. праць*. Донецьк: ДонІЗТ, 2011. Вип. 27. С. 18–25.

45 Лаврухін О. В. Формування моделей і методів інтелектуальної автоматизованої технології оперативного планування та управління поїздопотоками. Тези 74-ї міжнар. наук.-практ. конф. УкрДАЗТ. Харків: УкрДАЗТ, 2012. Вип. 129. С. 258.

46 Патент 67140 Україна МПК В61L 25/00, В61L 27/00, G06F 7/100, G06N 7/100. Автоматизована система визначення пріоритетів поїздів при їз відправленні з залізничних станцій / Лаврухін О. В., Бутько Т. В., Костиркіна Т. О., Рибальченко Л.І.; №. U 2011 05425; заявл. 28.04.2011; опубл. 10.02.2012, Бюл. № 3.