

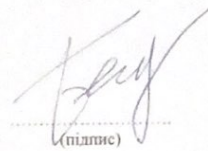
**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
Факультет транспорту і будівництва
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті**

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

галузі знань 27 – «Транспорт»
спеціальності 275 – «Транспортні технології (залізничний транспорт)»

на тему: «Формування автоматизованої технології перевезення небезпечних вантажів на основі ризик-орієнтованих підходів»

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ОПЗТ-21дм
Бабанаків О.Л.



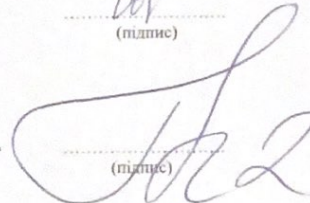
(підпис)

Керівник: доц. Баранов І.О.



(підпис)

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



(підпис)

ВСТУП

Актуальність теми. Залізничний транспорт займає одне з провідних місць у світовій транспортній системі з перевезення вантажів, у тому числі і небезпечних, обсяги перевезень яких зростають. У найбільш промислово розвинутих державах-членах Євросоюзу частка перевезень небезпечних вантажів (НВ) становить близько 20% від загального обсягу перевезень, з них майже 40% припадає на легкозаймісті рідини (зокрема, паливо). Територією України перевозиться понад 1000 найменувань різних НВ, що складає близько 15% від загальної кількості вантажів.

У випадку настання аварійної ситуації при перевезенні звичайних вантажів основними наслідками є витрати на відновлення інфраструктури (рухомий склад, колійний розвиток, споруди та інше). Наслідками аварійної ситуації з НВ, крім пошкодження залізничної інфраструктури можуть бути соціально–економічні втрати (витрати, понесені внаслідок загибелі і травмування людей), екологічні збитки (збитки, що завдані об'єктам навколишнього природного середовища) та інше. Так, за даними АТ «Укрзалізниця» лише за 2020 рік сталось 34 аварійні ситуації під час перевезення НВ, внаслідок яких трапився викид 134 тонн промислового сміття – хімічних та отруйних речовин. Тому актуальним питанням є забезпечення безпечного перевезення НВ у внутрішньому та міжнародному сполученнях за рахунок зменшення наслідків аварійних ситуацій шляхом вибору раціональної комбінації составів вантажних поїздів при їх формуванні та просуванні на залізничних станціях різних категорій.

Мета і завдання дослідження. Мета – формування автоматизованої технології перевезень небезпечних вантажів на основі ризик-орієнтованих підходів.

Для досягнення вищезазначеної мети поставлено такі задачі дослідження:

– провести аналіз вітчизняного та закордонного досвіду в сфері перевезення небезпечних вантажів, визначити перспективи розвитку теорії та практики перевезення НВ залізницями України для формулювання вимог щодо

формалізації технології перевезення небезпечних вантажів в оперативних умовах;

– формалізувати процедуру визначення раціональної композиції вантажного поїзда з НВ різних класів в умовах визначення ризиків на сортувальній станції;

– сформуванати підхід вибору раціональних варіантів маршруту поїздів з НВ в реальному режимі часу;

– сформуванати автоматизовану технологію перевезення НВ в оперативних умовах з можливістю динамічного корегування поїзних ситуацій в реальному режимі часу;

Об'єкт дослідження – процес формування та просування поїздопотоків з небезпечними вантажами.

Предмет дослідження – автоматизована технологія перевезення небезпечних вантажів на основі ризик–орієнтованих підходів.

Дослідницькі прийоми та методи. Проведені дослідження ґрунтуються на використанні еволюційних методів для розв'язання оптимізаційної математичної ризик-орієнтованої моделі формування поїзду з мінімальною кількістю розташувань вагонів з НВ несумісних класів; методів теорії масового обслуговування при виборі раціонального маршруту для поїздопотоків з НВ з мінімізацією ризиків; інтелектуальних методів семіотичного типу для розробки ситуаційної формальної мови управління для формування системи диспетчерського управління з елементами штучного інтелекту на основі динамічних продукційних правил.

Наукова новизна отриманих результатів:

- формалізовано процедуру визначення раціональної композиції вантажного поїзда з небезпечним вантажем, яка на відмінну від існуючих дає змогу сформуванати «достатньо безпечний» поїзд, враховуючи сумісність НВ різних категорій та класів безпеки при формуванні складу поїзда;

- з метою оцінювання наслідків аварійних ситуацій з вагонами з НВ при перевезенні їх залізничним транспортом розроблено метод оцінки ризиків,

який на відміну від існуючих дозволяє знизити ризик настання більш значних наслідків в результаті аварійної ситуації.

Практичне значення отриманих результатів. Сформовано автоматизовану технологію перевезення НВ на основі ризик-орієнтованих підходів. Зазначена технологія дає змогу контролювати процес транспортування НВ, з огляду на їх різні класи та категорії сумісності, від моменту формування поїзду, вибору раціонального маршруту до подальшого просування по мережі залізниці, що дає змогу оперативному персоналу станції приймати зважені управлінські рішення в умовах динамічного характеру перевізного процесу.

Апробація результатів дипломної кваліфікаційної роботи магістра та публікації. Відповідно до теми кваліфікаційної роботи опубліковані наукові публікації у фахових виданнях України, результати роботи докладалися на студентських науково-практичних конференціях кафедри ЛУБРТ СНУ ім. В.Даля (2021-2022р.р.).

Структура і об'єм роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, 3 розділів, заключення, списку використаних джерел з 75 найменувань на 6 сторінках. Загальний об'єм кваліфікаційної роботи магістра складає 74 стор. Робота включає 17 рисунків та 4 таблиці по тексту.

1. АНАЛІЗ ДІЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ ТА ПРОСУВАННЯ ПОЇЗДОПОТОКІВ З НЕБЕЗПЕЧНИМИ ВАНТАЖАМИ

1.1. Аналіз діючої технології експлуатаційної роботи

На теперішній час на залізничних полігонах АТ «Укрзалізниця» прийнята класична технологія по формуванню та просуванню поїздопотоків [6, 7, 8]. Дана технологія, за винятком певних структурних особливостей використовується фактично на всьому просторі 1520 мм. Вона передбачає, що по мірі відправлення поїздів зі станції формування, інформація про них, надходить до станції розформування у вигляді телеграм натурного листа (ТНГЛ) форми ДУ-1 в адресу інформаційно-обчислювального центру (ІВЦ) регіональних філій АТ «Укрзалізниця» і станційного технологічного центру (СТЦ) [9]. Це дозволяє керівнику зміни – маневровому диспетчеру – планувати роботу сортувальної системи на декілька годин вперед, мається на увазі, що на даному етапі буде починатися формування поїзда. Таким чином після прибуття поїзда на залізничну станцію призначення або переформування маневровий або станційний диспетчер мають вже готовий план сортувальної роботи з вагонами.

Після обробки поїзду в парку прийому, а саме проведення технічного обслуговування та комерційного огляду, його насувають на гірку. Після розпуску з гірки вагони потрапляють на колії сортувального парку (СП) під накопичення. На колії СП вагони розташовуються згідно спеціалізації колій по напрямках. При цьому вагони з НВ, через свої специфічні властивості, які несуть в собі потенційну небезпеку вибуху або загоряння розпуску з гірки не підлягають. На колії СП вони потрапляють за допомогою процедури осаджування з боку гірки або хвоста СП. Після накопичення вагонів на коліях СП почнеться формування поїзду на одній колії відповідно до сформованих груп.

При виконанні процедури з розформування-формування поїздів на технічній станції персонал спирається на нормативну базу, що включає в себе Інструкцію з руху поїздів (ІРП), Правила технічної експлуатації (ПТЕ), технічно-розпорядчий акт станції (ТРА), технологічний процес роботи станції.

Весь процес роботи станції від початку прибуття поїзду на станцію до його

відправлення маневровий диспетчер відтворює на графіку виконаної роботи. Графік виконаної роботи являє собою графічне відображення технологічних процесів роботи станції в реальному режимі часу згідно до прийнятих умовних позначень та правил його складання з використанням мнемоніки добових планів-графіків. У графіку знаходять відображення технологічні процеси, що виконуються з поїздами і вагонами на станційних коліях, під'їзних коліях, вантажних фронтах, а також представлена топологія станцій і перегонів між ними. Слід зауважити, що всі вантажні операції з вагонами з НВ проводяться на місцях незагального користування, тобто на під'їзних коліях, після закінчення яких виставляються на колії загального користування на колії СП відповідно до їх спеціалізації [6]. Основним недоліком роботи по розформуванню-формуванню поїздів є той факт, що дана технологія не передбачає використання ризик-орієнтованих підходів щодо формування «достатньо безпечного» поїзду з НВ. Мається на увазі той факт, що композиція поїзда з вагонами з НВ носить довільний характер і вагони різних груп сумісності, які не рекомендується завантажувати в один вагон можуть знаходитися поруч розділені повітряним проміжком менше ніж за 2 метри. З метою висвітлення поставленого недоліку доцільно проаналізувати вітчизняну та закордонну нормативно-правову базу по перевезенню небезпечних вантажів.

1.2. Аналіз нормативно-правової документації перевезення небезпечних вантажів у внутрішньому та міжнародному сполученні

Згідно із Законом України «Про перевезення небезпечних вантажів» від 6 квітня 2000 р. № 1644-III небезпечний вантаж – речовини, матеріали, вироби, відходи виробничої та іншої діяльності, які внаслідок притаманних їм властивостей за наявності певних факторів можуть під час перевезення спричинити: вибух, пожежу, пошкодження технічних засобів, пристроїв, споруд та інших об'єктів, заподіяти матеріальні збитки та шкоду довкіллю, призвести до загибелі, травмування, отруєння людей, тварин, і які за міжнародними договорами, згода на обов'язковість яких надана Верховною Радою України, або

за результатами випробувань в установленому порядку залежно від ступеня їх впливу на довкілля або людину віднесено до одного з класів небезпечних речовин [10]. Основоположним документом на основі якого здійснюється класифікація НВ (віднесення до класу, категорії та групи пакування) є ДСТУ 4500-3 «Вантажі небезпечні. Класифікація» залежно від виду та ступеня їх потенційної небезпеки [11].

Транспортування НВ мають суттєві обмеження для виконання перевізних операцій. Дані вантажі, при порушенні техніко-технологічних умов перевезення, можуть призвести до аварійних ситуацій різного ступеню наслідків, в тому числі нанести значну шкоду життю, здоров'ю та безпеці людей.

На сьогоднішній день для забезпечення нормативних засад щодо перевезення НВ використовується велика кількість міжнародних договорів, конвенцій, правил та стандартів, що носять, як правило рекомендаційний характер. Дана документація розроблена міжнародними організаціями та використовується при міжнародних та внутрішніх перевезеннях НВ. [12].

До основних міжнародних урядових транспортних організацій відносяться:

- Міжурядова організація з міжнародних перевезень залізницею (ОТІФ);
- Організація співробітництва залізниць (ОСЗ).

Метою діяльності ОТІФ є забезпечення комплексного розвитку, удосконалення та спрощення порядку здійснення міжнародного залізничного сполучення. В даний час членами Організації є 45 держави на території Європи, Штаб-квартира Організації знаходиться в м. Берні. Метою організації ОСЗ є створення передумов для здійснення міжнародних залізничних перевезень в напрямку між Європою і Азією. Україна стала учасницею ОСЗ в червні 1992 року. Участь України в ОСЗ має безумовно позитивні наслідки і є необхідною умовою інтеграції залізничного транспорту України в транспортну систему Європи і Азії. Зазначені вище організації розроблюють та реалізують договори, конвенції та угоди в галузі залізничного транспорту.

До неурядових транспортних організацій відносяться: – Міжнародний союз залізниць (UIC), її головна мета полягає у сприянні просуванню і розвитку залізничного транспорту у світі; – Міжнародний комітет залізничного

транспорту (СІТ), цілі якої є розвиток міжнародного права в області залізничних перевезень на основі укладених конвенцій; розробка додаткових правових статей і матеріалів, пов'язаних з вирішенням суперечок по міжнародним перевезенням; контроль за дотриманням правил перевезень вантажів, багажу та стандартизація проїзних документів;

– Форум залізниць Європи (FTE), головною метою є сприяння прозорій та самостійній співпраці, що уможлиблює для всіх членів планування продуктивності їх міжнародних перевезень [13]; – Рада із залізничного транспорту держав-учасниць співдружності (ЦСЗ), метою Ради є координація роботи залізничного транспорту на міжнародному рівні, вироблення узгоджених умов і принципів роботи залізничного транспорту для забезпечення функціонування і розвитку транспортних і економічних зв'язків між державами СНД, а також із третіми країнами, прийняття нормативних документів по колу своєї діяльності.

Рекомендації ООН є основоположними правилами, які регламентують операції з НВ, їх викладено у вигляді Типових правил перевезення. Розробка Типових правил здійснюється Комітетом експертів з перевезення небезпечних вантажів і погодженої на глобальному рівні системі класифікації та маркування хімічних речовин Економічної і Соціальної Ради Організації Об'єднаних Націй.

На їх основі міжнародні організації та національні органи влади розробляють нормативні документи, які регламентують перевезення НВ різними видами транспорту та носять рекомендаційний характер, на основі правил розроблюються міжнародні конвенції, правила та угоди.

До основних угод та правил, що регламентують міжнародні перевезення НВ відносяться: – в рамках ОСЗ – додатком 2 до Угоди про міжнародне вантажне залізничне сполучення (Додаток 2 до СМГС, у 2–х томах); – регламент міжнародних залізничних перевезень небезпечних вантажів в рамках COTIF – додаток С до Конвенції про міжнародні залізничні перевезення в редакції 1999 року (Регламент про міжнародне перевезення небезпечних вантажів RID зі змінами на 2004 р). Даний регламент [14] застосовується до міжнародних

перевезень НВ залізницями на території держав–учасниць. Кожна країна–член зберігає право регулювати або вводити обмеження на міжнародні перевезення небезпечних вантажів на своїй території, керуючись іншими міркуваннями, ніж викладеними у Регламенті. Перевезення, для яких є дійсним цей Регламент, підпорядковуються загальним національним приписам щодо перевезень вантажів залізницями:

- Конвенція про цивільну відповідальність за шкоду, заподіяну при перевезенні небезпечних вантажів автомобільним, залізничним та внутрішнім водним транспортом від 10.10 1989 р. Україна участі не приймає, але ця конвенція відкрита для приєднання до неї всіх держав. Депозитарієм цієї конвенції є Генеральний секретар ООН;

- Конвенція про міжнародні змішані перевезення від 24.05.1980 р. (Україна участі не приймає);

- Базельська конвенція про контроль за транскордонними перевезеннями небезпечних відходів та їх видаленням від 22.03.1989 р. Ця конвенція відкрита для підписання або приєднання. Структурно включає преамбулу, 29 статей, 6 додатків;

- Митна конвенція про міжнародне перевезення вантажів із застосуванням книжки МДП (автотранспортом) від 14.11.1975 р.;

- Конвенція про договір міжнародного перевезення вантажів від 19.05.1956 р. (зокрема застосовується у випадках, коли транспортний засіб з вантажем без вивантаження здійснює частину шляху залізницями);

- Міждержавний стандарт ДСТУ ГОСТ 30333:2009 Паспорт безпеки химической продукции. Общие требования (ГОСТ 30333–2007, IDT), діє з 01.01.2010 взамін ГОСТ 30333–95. Даний стандарт [15] встановлює основні вимоги до паспорту безпеки речовини або матеріалу, змісту та форми представлення інформації. Він є обов'язковою складовою частиною технічної документації на речовину (матеріал), відходи промислового виробництва. Паспорт призначений для забезпечення споживача достовірною інформацією про конкретну речовину (матеріал); – інші угоди.

Як видно з проведеного аналізу існує велика кількість діючих міжнародних

урядових та неурядових організацій, що розроблюють нормативно-правову документацію в сфері перевезення НВ, це свідчить про існуючі відмінності в організації перевізного процесу для таких вантажів. Даний факт впливає на роботу оперативного персоналу залізничних станцій, адже транспортування НВ не здійснюється окремо від інших вантажів та пасажирського руху і має бути пов'язаний з єдиним транспортним процесом, який спирається на нормативну базу, що включає в себе ІРП, ПТЕ, ТРА та технологічний процес роботи станції. Внутрішньодержавні перевезення НВ регламентуються Законом України «Про перевезення небезпечних вантажів» [10]. Даний Закон визначає основні правові, організаційні та економічні засади діяльності, пов'язаної з перевезенням НВ різними видами транспорту.

Внутрішньодержавне законодавство з питань перевезення НВ складається з даного закону, а також міжнародних договорів, згода на дотримання яких надана Верховною Радою України та інших нормативно-правових актів, що визначають умови перевезення НВ, вимоги до типів та обладнання транспортних засобів, порядку підготовки, перепідготовки, навчання, підвищення та підтвердження кваліфікації працівників, зайнятих перевезенням НВ [13].

На перевезення НВ залізничним транспортом територією України поширюються Правила перевезення небезпечних вантажів (ППНВ), що визначають основні вимоги, які забезпечують прийнятний рівень безпеки при організації перевізного процесу з НВ [16].

ППНВ [16] містять у собі: класифікацію НВ; вимоги до їх пакування; підготовку НВ до перевезення; маркування НВ; охорона та супроводження НВ; вимоги до вагонів і контейнерів, які використовуються для перевезення небезпечних вантажів; положення щодо навантаження, кріплення, вивантаження та обробки вантажів; організацію перевезення радіоактивних вантажів; додаткові положення, які застосовуються до окремих категорій вантажів [16]. Незважаючи на великий спектр охоплених питань в ППНВ без уваги залишаються певні аспекти, які впливають на безпеку перевізного процесу.

Зокрема, згідно з ППНВ, а саме розділу 7 (таблиця 5,6) не дозволено сумісне пакування з різними знаками безпеки в один вагон через їх небезпечні

властивості та здатність до ініціювання одного вантажу через ініціювання іншого зі збільшеною зоною враження та більш негативних наслідків [16]. Однак дані положення стосуються тільки завантаження в один вагон і не враховуються на рівні формування поїзду, тобто вагони з НВ різних груп сумісності не розділяються вагонами з іншими категоріями вантажів, окрім вагонів прикриття від ведучого локомотиву.

Питання катастрофічних наслідків при настанні транспортних подій з НВ стоять дуже гостро перед АТ «УЗ». Тільки в результаті фосфорної аварії під Львовом, яка сталася 16 липня 2007 року, перекинулось 15 вагонів з жовтим фосфором, пожежу гасили 500 пожежників та 220 співробітників поліції, було пошкоджено 50 м залізничної колії, близько 100 м контактної мережі і три опори. Під час гасіння пожежі утворилася отруйна хмара з продуктів горіння із зоною враження 90 квадратних кілометрів [17]. В результаті пожежі продуктами горіння отруїлося 16 осіб, з яких 13 в стані важкої і середнього ступеня тяжкості було госпіталізовано. Наслідки при аналогічній аварійній ситуації можуть бути тяжкими, якщо поряд знаходяться НВ класу 1 (вибухові матеріали), через незначний повітряний проміжок між вагонами. З метою обґрунтування викладених положень доцільно провести аналіз аварійності з НВ при перевезенні їх залізничним транспортом.

1.3. Аналіз статистичних даних перевезення небезпечних вантажів та аварійних ситуацій з ними

На сьогоднішній день сучасна промисловість не може обійтися без використання або виділення небезпечних для навколишнього середовища та життя людини речовин. Споживачами речовин, виробів і матеріалів, які мають небезпечні властивості, є всі галузі промисловості, що викликає необхідність в їх практично безперервному перевезенні на мережі залізниць.

У найбільш промислово розвинутих державах–членах Євросоюзу частка перевезень НВ становить близько 20% від загального обсягу перевезень, з них майже 40% припадає на легкозаймисті рідини (зокрема, паливо) [18]. Територією

України перевозяться понад 1000 найменувань різних НВ, що складає близько 15% від загальної кількості вантажів. Відповідно до даних, які надані АТ «Укрзалізницею» за 2020 рік було перевезено 14 180,077 тис. т вантажу, з яких 2 733,433 тис. т відправлено на експорт, 4 325,163 тис. т імпорتنі перевезення та 1 629,809 тис. т транзитні перевезення [19].

Всього було перевезено 352 279 вагонів та 27 642 контейнерів з НВ. Порівняльний аналіз вантажообігу небезпечних вантажів за 2020–2021 роки наведено в таблиці 1.2 [19, 20] та зображено на рисунку 1.1.

Таблиця 1.2

Порівняльний аналіз вантажообігу небезпечних вантажів за 2020–2021 роки

Вид перевезень	2020 рік	2021 рік
Експортні перевезення, тис. т	2 365,654	2 733,433
Імпорتنі перевезення, тис. т	2 525,776	4 325,163
Транзитні перевезення, тис. т	2 001,570	1 629,809
Внутрішні перевезення, тис. т	5 485,147	5 491,672
Всього, тис. т	12 378,147	14 180,077

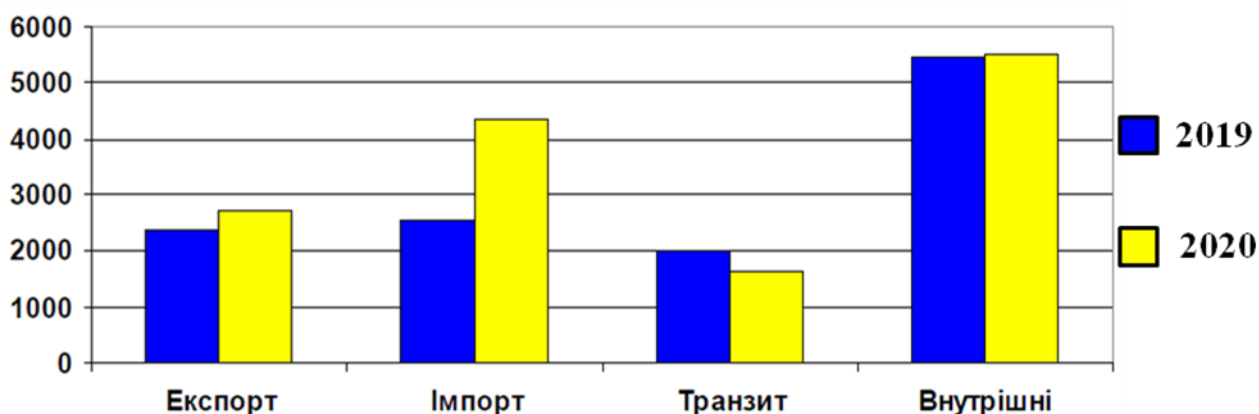


Рис.1.1. Динаміка зміни кількості перевезених вантажів за видами перевезень у 2020 році в порівнянні з 2019 роком

За даними Державної служби статистики, обсяги залізничних вантажоперевезень у січні–липні поточного року впали на 7,5% (проти

аналогічного періоду 2020 року). Так, від початку року залізниця перевезла 168,3 млн тонн вантажів, вантажообіг склав 96 737 млн ткм, що на 9% менше [21].

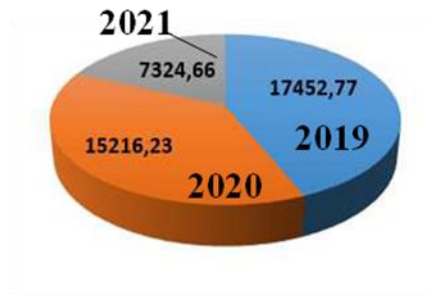
На сьогодні резерви технічних потужностей залізничного транспорту, його провізної спроможності практично вичерпані, що ставить під загрозу можливість безперервного задоволення зростаючих потреб суспільства у транспортному обслуговуванні та гармонійний розвиток міжнародного співробітництва.

Основними проблемами галузі залізничного транспорту є:

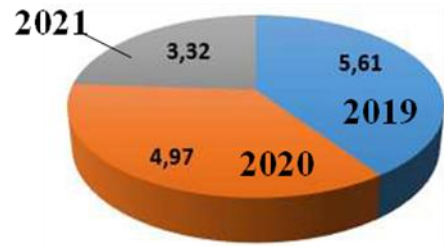
- значний знос основних виробничих фондів, насамперед рухомого складу;
- недостатній обсяг інвестицій, необхідних для оновлення основних виробничих фондів та забезпечення інноваційного розвитку галузі;
- перехресне субсидування збиткових пасажирських перевезень за рахунок вантажних перевезень;
- недосконалість організаційної структури та системи управління галуззю.

Проводячи аналіз можливостей видів транспорту слід зазначити, що залізниця України є не тільки вагомою частиною народногосподарського комплексу України, а також є значним транзитним коридором між Сходом і Заходом. На сьогодні українська залізниця межує із залізницями Польщі, Словаччини, Угорщини, Румунії, Молдови, Білорусі та Росії, і забезпечує роботу по міжнародним залізничним переходам, а також обслуговує 18 морських портів та річок Дніпра і Дунаю [22]. Важливий показник, що характеризує міжнародне співробітництво між залізницями світу є об'єм транзитних перевезень. Як видно з рисунку 1.2, об'єм транзитних перевезень за 2021 рік зменшився на 2236,54 млн.ткм у порівнянні з 2020 роком, що становить близько 13% [23]. Це свідчить про важливість впровадження інноваційних розробок в галузі, що дозволить покращити якість роботи та надасть можливість підвищити рівень конкурентоспроможності АТ «Укрзалізниця» серед інших видів транспорту.

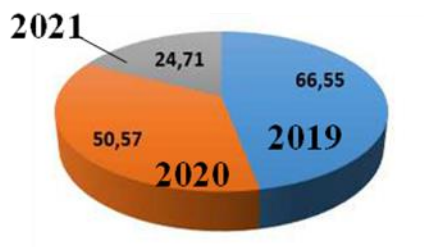
Об'єм транзитних перевезень за 2019, 2020 та 2021 роки



Аналіз обігу вантажного вагону за 2019, 2020 та 2021 роки



Середній час знаходження вагону під однією вантажною операцією за 2019, 2020 та 2021 роки



Середній час знаходження транзитного вагону на технічній станції за 2019, 2020 та 2021 роки

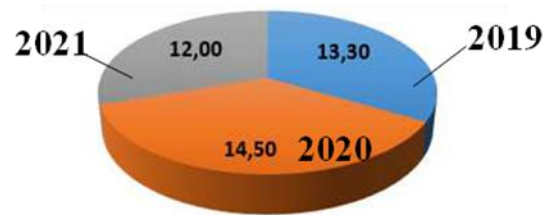


Рис.1.2. Статистика часу знаходження вагону

Доцільно провести розширений аналіз виконання показників експлуатаційної роботи для виявлення тенденцій щодо їх погіршення або покращення. Зокрема обіг вантажного вагону – основний комплексний показник роботи, який характеризує якість використання вагонного парку не має суттєвих змін за останні роки в сторону покращення. Даний показник має важливе значення, адже його збільшення вказує на недосконалу систему управління перевезеннями, що впливає на експлуатаційну роботу мережі, дирекцій, напрямків та залізниці в цілому. На рисунку 1.2 наведено аналіз обігу вантажного вагону за останні роки [23].

Одним з основних експлуатаційних показників, який в свою чергу є складовою обігу вантажного вагону – середній час знаходження вагону під однією вантажною операцією. Даний показник схильний до постійних коливань, що обумовлено рядом факторів. Як видно з рисунку 1.2 величина простою вагонів під однією вантажною операцією, не дивлячись на незначне покращення

залишається занадто великою [23]. Проводячи аналіз даного показника в розрізі перевезення НВ стає зрозумілим необхідність його зменшення, адже такі вантажі несуть в собі потенційну небезпеку викликаючи необхідність в їх швидкому просуванню по мережі залізниці.

Приведений на рисунку 1.2 аналіз середнього часу простою транзитного вагону на технічній станції показує збільшення показника за 2021 рік до 14,5 годин у порівнянні з 13,3 годин за 2020 рік, що становить близько 7% [23]. Дана тенденція негативно впливає на безпеку руху з огляду на величину частки НВ серед інших вантажів, яка становить близько 15% і продовжує зростати. До цього слід додати, що на коліях призначених для вагонів з НВ значна частка несумісних класів даних вантажів знаходяться поряд один з одним, що негативно впливає на рівень ризику, що зростає в результаті настання аварійної ситуації.

Слід зазначити, 100% від загальної кількості транспортних подій під час перевезення НВ залізничним, авіаційним, морським і річковим транспортом у 2017–2019 роках сталися на залізничному транспорті. Дана негативна тенденція пояснюється, з одного боку, недосконалістю систем управління перевізним процесом, про це свідчить погіршення основних експлуатаційних показників, що характеризують якісну роботу залізничної мережі. З іншого, відсутністю обґрунтовано виділеної класифікаційної компоненти для НВ різних класів небезпеки [16], що спричиняє більшу зону враження при настанні аварійної ситуації з НВ. Так на рисунках 1.3, 1.4 показані наслідки аварійних ситуацій, що сталися при перевезенні НВ залізничним транспортом.



Рис.1.3. Наслідки аварійної ситуації з небезпечним вантажем класу 2



Рис.1.4. Наслідки аварійної ситуації з небезпечним вантажем класу 2

Як видно з рисунків 1.3 та 1.4 вагони з НВ в складі поїзда не розділяються додатково вагонами зі звичайними вантажами або порожніми, що спричиняє більш значні наслідки в результаті аварійних ситуацій з ними. В складних умовах роботи на залізничній станції оперативному персоналу практично неможливо узагальнити та систематизувати потік вхідної інформації. Діючі технології, що використовуються на сьогоднішній день мають застарілу реалізацію в технічному аспекті, тому доцільним буде провести їх розширений аналіз.

1.4. Аналіз автоматизованих інтелектуальних технологій в сфері перевезення небезпечних вантажів

Інформатизація перевезень – найважливіший засіб підвищення ефективності роботи галузі та вимагає постановки і вирішення низки задач. Для забезпечення високого рівня інформатизації та виконання технологічного процесу роботи на залізничному транспорті необхідно використовувати сучасні інформаційні системи та автоматизовані системи управління (АСУ). АСУ орієнтовані на широке й комплексне використання технічних засобів та економіко–математичних методів для розв'язування інформаційних завдань управління [24].

Автоматизація перевізного процесу на залізницях України почалася в середині 70–х років у складі СРСР. Першим розробником АСУ на залізничному транспорті було визначено ПКТБ АСУ ЗТ (м. Москва). Вже на початку 80–х років була розроблена система оперативного управління перевезеннями на рівні залізниці (АСОУП) [25]. З розпадом СРСР перед залізницями України гостро постали проблеми розробки власних технологій для автоматизації перевізного процесу. На теперішній час на залізницях діє близько 1000 автоматизованих систем, із яких можна особливо виділити єдину автоматизовану систему керування вантажними перевезеннями Укрзалізниці (АСКВПУЗ–Є). АСКВПУЗ–Є була введена в експлуатацію у 2012 році, над її створенням працювало 150 українських розробників на протязі трьох років, складено близько 5 тисяч томів технічної документації, забезпечували запуск понад 500 спеціалістів Укрзалізниці та залізниць України [26].

АСКВПУЗ–Є являє собою модернізовану версію автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями (АСКВПУЗ) [26]. До основних переваг АСКВПУЗ–Є можна віднести:

– оперативність надходження інформації, яка веде за собою значну економію часу на переробку та аналіз документації;

- надійність безперебійного забезпечення даними. Це стало можливим після придбання та встановлення на базі Головного інформаційно–обчислювального центру в Києві найсучаснішого обладнання в цій галузі;
- економія фінансових коштів, яка досягається завдяки встановленню одного потужного комплексу замість шести окремих для кожної із залізниць;
- можливість надання потрібної інформації не лише безпосереднім учасникам перевізного процесу (службі перевезень) і галузевим господарствам, які забезпечують безпечність та надійність функціонування залізниць (служби локомотивного, колійного, енергетичного господарств та інших), а й самим відправникам і одержувачам вантажів (клієнтам залізниць);
- наявність так званого «штучного інтелекту» системи, тобто можливість не тільки приймати та передавати інформацію, а й аналізувати, осмислювати, узагальнювати її та автоматично формувати довідки. Наприклад, якщо при прийманні вантажів до перевезення документи містять некоректні дані або не відповідають формі, система миттєво знаходить помилки і повертає документи на доопрацювання;
- можливість інтегрування вже розглянутих вище автоматизованих систем для швидкого і точного отримання потрібних даних. На сьогоднішній день налагоджена взаємодія з бухгалтерською системою «ФОБОС» та АС РОДУЗ НФ, в подальшому планується інтегрування в АСКВПУЗ–Є систем диспетчерської сигналізації, автоматизованої системи управління майновим комплексом та іншими, які будуть з'являтися на залізницях [27].

Безумовно подальше впровадження та удосконалення на залізничному транспорті АСКВПУЗ–Є надасть позитивний результат в питанні автоматизації управління перевізним процесом.

На сьогоднішній день з метою використання систем диспетчерського управління, що дозволяють керувати перевізним процесом під контролем людини активно впроваджуються такі системи як МСДЦ «КАСКАД» [28] Мікропроцесорна система диспетчерської централізації «КАСКАД» (МСДЦ «КАСКАД»), призначена для застосування на залізничному транспорті з метою забезпечення заданої пропускної спроможності залізниць і безпеки руху при

централізованому (диспетчерському) управлінні об'єктами автоматики на станціях, а також автоматизації та максимального спрощення операцій по управлінню рухом поїздів, зменшення навантаження на поїзних диспетчерів, забезпечення доступу до інформації про поїзний стан та іншим користувачам центру управління перевезеннями (ЦУП) регіонального рівня, а також інформаційного забезпечення автоматизованих систем управління вантажними перевезеннями через локальну і глобальну мережі. МСДЦ «КАСКАД» побудована за модульним принципом, максимально уніфікована, розроблена з використанням сучасних технологій. Програмне забезпечення має високу ступінь супроводу і максимальну незалежність від апаратної платформи [29].

Автоматизоване робоче місце поїзного диспетчера (АРМ ДНЦ) в складі мікропроцесорної системи диспетчерської централізації «КАСКАД» забезпечує контроль і управління перевізним процесом на підставі інформації отриманої від пристроїв СЦБ.

Інформація відображається на трьох або більше моніторах у вигляді: загальної схеми ділянки, детальної мнемосхеми однією зі станцій керованої ділянки, графіка руху на ділянці. Управління відбувається за допомогою клавіатури або маніпулятора «миша».

Комп'ютери АРМ ДНЦ взаємодіють через локальну мережу з сервером ділянки, який в свою чергу через комунікаційний сервер взаємодіє з комп'ютерами лінійних станцій (ЛП КАСКАД).

Основні функції які забезпечує АРМ ДНЦ при управлінні перевізним процесом:

- детальне відображення поїзної ситуації та стану об'єктів контролю на ділянці;
- управління об'єктами СЦБ (пряме, з програмним стеженням, по заданих або накопичених маршрутах, прогнозне управління);
- автоматичну реєстрацію проходження поїзда по ділянці;
- ідентифікацію рухомої одиниці;
- автоматичне керування схрещенням, обгоном і пропуском поїздів на заданих станціях;
- інтерпретацію процесу проходження поїздів на ділянці у вигляді графіка

виконаного руху в реальному режимі часу;

– автоматичне формування графіка прогнозного руху;

– автоматичне ведення системного журналу з реєстрацією сигналів телеуправління, телесигналізації, діагностики і дій поїзного диспетчера;

– відображення за минулі періоди часу (до 30 діб) поїзної ситуації та стану об'єктів контролю на ділянці у вигляді «фільму»;

– взаємодія з системою АСОУП.

В країнах ЄС реалізована так звана цифрова залізниця, що стало можливим шляхом поєднання систем автоматичного захисту поїздів (Automatic Train Protection (ATP)) та автоматичного контролю поїздів (Automatic Train Control (ATC)) [30]. В основу розробленої та діючої сучасної технології автоматичного керування рухом поїздів Європейської системи управління рухом на залізничному транспорті (European Rail Traffic Management System, ERTMS) покладено ідею безперервного контролю за перевізним процесом за допомогою сукупності різних технічних засобів, завдяки чому досягається безпечне зменшення інтервалу попутного прямування, а значить збільшення пропускної здатності на мережі залізниць. До складу ERTMS входять:

– Європейська система управління рухом поїзду (European Train Control System, ETCS) – стандарт для управління рухом поїзда у кабіні машиніста;

– GSM–R, стандарт мобільного зв'язку GSM для залізничних перевезень. GSM–R забезпечує захищені лінії голосового зв'язку і передачу даних між залізничними службами і поїздами.

Технологія координатного регулювання забезпечує гнучку зміну інтервалів в залежності від динамічно мінливої довжини гальмівного шляху складу поїзда та розташування локомотивів і кінцевих вагонів за даними супутникової навігації. Залежно від вимог, що пред'являються до конкретної ділянки залізниці, виділяють чотири основних рівня ETCS: від нульового до третього. – Рівень 0: наявні підлогові пристрої СЦБ не включені в ETCS. Бортова система контролює тільки дотримання швидкісного режиму для даного типу рухомого складу на ділянці. Даний рівень реалізації не застосовується на міжнародних маршрутах,

оскільки через те, що видимі сигнали в різних країнах відрізняються, при проходженні кордону стає необхідним обов'язкова зміна локомотивних бригад.

– Рівень 1: перегони поділяються на блок–ділянки прохідними сигнальними точками, довжина кожної не менше ніж гальмівний шлях поїзду.

Дана організація руху найбільш наближена до системи автоблокування. Інформація про характеристику колії, а також дані світлофорів кодуються колійним електронним блоком та передається через євробалізи або євролуп (випромінюючий кабель).. Спеціальний зчитувач під днищем поїзда приймає її, бортовий комп'ютер дешифрує дані, після чого розраховує оптимальну швидкість, криву гальмування, виводячі дані на пульт машиніста. Інформація оновлюється при кожному наступному проходженні баліз. – Рівень 2: характеризується безперервним обміном інформацією по двосторонньому цифровому радіоканалу стандарту GSM–R. Дані про рух поїзду з бортової системи передаються в цент управління, де порівнюються с запланованим графіком руху, після чого вже оновлені та відкореговані дані по мережі цифрового радіозв'язку передаються в бортову інформаційно–керуючу систему рухомого складу для інформування машиніста про відхилення від графіка руху та подальшого прийняття рішень з управління поїздом. Безперервний обмін дозволяє скоротити інтервал попутного прямування в порівнянні з традиційними системами СЦБ.

– Рівень 3: інформація передається через GSM–R, поїзд додатково обладнується системою перевірки цілості рухомого складу, що дозволяє відмовитись від напольного обладнання. Також при застосуванні третього рівня відпадає необхідність поділу перегону на блок–ділянки, що дозволяє безпечно скоротити інтервали попутного прямування і тим самим максимально збільшити пропускну здатність лінії.

Також системою передбачений рівень NTC (National Train Control – національна система управління рухом поїздів), яка передбачає додаткове оснащення поїзда пристроями для взаємодії з національними системами СЦБ, що не є інтегрованими в ETCS. Однак впровадження NTC пов'язано зі значними матеріальними та трудовими витратами, з цієї причини використання її не

знайшло широкого застосування.

Впровадження штучного інтелекту до управління перевізним процесом веде до глобальних змін в транспортній галузі. Окрім безумовних переваг, таких як зменшення «людського фактору», який відіграє не останню роль в допущенні помилок та прийнятті неправильних рішень збільшуючи ризик настання несприятливої події з негативними наслідками, залишаються відкритими питання скорочення трудових ресурсів та етичні проблеми, що стосуються рішень, які приймаються штучним інтелектом, це в свою чергу можна віднести до так званого «фактору штучного інтелекту». Тому доцільним є приділити увагу розробці СППР, які будуть формувати готові управлінські рішення з остаточним вибором людиною–оператором до перетворення їх в дію [5].

В подальших дослідженнях автоматизованих технологій перевізного процесу доцільно провести аналіз наукових досліджень спрямованих на удосконалення систем оперативного планування та управління експлуатаційною роботою.