

## ВСТУП

Безумовно, процеси організації перевезень вантажів на даний час потребують певних змін. З одного боку це пов'язано з прагненням підвищити ефективність роботи транспорту, знизити витрати, зменшити вартість перевезень, дотримуватися строки доставки вантажів та забезпечити їх збереження – те, що в більшій мірі диктується розвиненими ринковими відносинами.

Найбільш проблемним місцем інформатизації залізничного транспорту є фрагментарність автоматизованих систем. Створено величезну кількість підсистем, що виконують певні процеси, а частіше навіть окремі завдання і функції. При цьому ці підсистеми найчастіше не пов'язані один з одним, використовують власні сховища оперативної і нормативно-довідкової інформації. Відсутні регламенти підтримки актуальності, синхронізації даних в різних системах. Багато використовувани засоби автоматизації не відповідають вимогам [1, 2]. На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій на перший план ставиться створення єдиної інформаційної бази, що включає в себе єдиний простір даних, єдиний методологічний простір та єдиний простір функціоналу [2, 3].

Зростання обсягів виробництва небезпечних речовин нерозривно пов'язано із збільшенням попиту на послуги з їх транспортування. Значну частину небезпечних вантажів, що перевозяться, становлять нафтопродукти, стислі і зріджені гази, вугілля, органічні перекиси і пестициди. Під час здійснення перевезення такі вантажі породжують так звану транспортну небезпеку – це узагальнений показник, що характеризує несприятливий вплив небезпечного вантажу на людей, тварин та навколишнє середовище під час нетривалої його дії в умовах аварійної ситуації [3-5].

Одним із найбільш складних етапів в організації перевезень небезпечних вантажів на залізничному транспорті є процес планування маршруту слідування вагонів, який визначає з урахуванням діючого плану формування

вантажних поїздів напрямок слідування та категорію поїзда, станції зупинки та розклад руху. Від рівня планування залежить безаварійність процесу перевезення небезпечних вантажів та ефективність реалізації якості заявлених послуг залізничним транспортом (точність доставки, швидкість за умови збереження вантажу) [1].

Регламентация перевезення небезпечних вантажів спрямована, з одного боку, на попередження нещасних випадків з людьми або спричинення шкоди майну чи навколишньому середовищу, а з іншого – на неперешкоджання перевезенню таких вантажів, на сприяння транспортуванню таких вантажів, усунувши пов'язаний з цим ризик або звівши його до мінімуму. Тобто, проблема полягає не лише в забезпеченні безпеки, але і в не меншою мірою в полегшенні завдань, пов'язаних з перевезеннями небезпечних вантажів.

Одним з першорядних завдань є виключення причин людського фактора при виникненні аварійних ситуацій, полегшення праці працівників залізничного транспорту пов'язаних з перевезенням небезпечних вантажів та управлінням перевізним процесом. Крім того потрібно враховувати, що планування одиначної системи, що регулює перевезення лише небезпечних вантажів, не має сенсу – основне завдання всіх відомств та структур залізничного транспорту, навпаки, в інтеграції роботи в інформаційному просторі. Для реалізації цих завдань аналізуються функціональні внутрішні резерви всіх існуючих інформаційних і автоматизованих систем, робота всіх причетних до перевізного процесу посадових осіб, функції вантажовідправників і вантажоодержувачів по всій нормативної документації і правилам пов'язаних з перевезенням небезпечних вантажів.

Таким чином, запорукою забезпечення і підвищення безпеки, конкурентоспроможності, ефективності перевезень небезпечних вантажів на залізницях є здійснення заходів, спрямованих на удосконалення перевезень небезпечних вантажів залізницями країни.

Отже, в умовах розвитку транспортного ринку в сегменті організації перевезень небезпечних вантажів перед залізничним транспортом постає

завдання удосконалення системи планування перевезень небезпечних вантажів, з урахуванням запропонованих заходів, за умови забезпечення високого рівня безпеки перевізного процесу і мінімальних витрат на здійснення перевезень.

**Актуальність теми.** На протязі 2015-2016 рр. відбувається зростання обсягів перевезень небезпечних вантажів, за різними оцінками з середнім значенням 600-800 тис. тонн на рік на фоні 80 % зносу основних фондів залізничного транспорту і дуже повільних темпів їх поновлення [1], поряд з цим спостерігається тенденція зростання транспортних подій за участю небезпечних вантажів різних класів безпеки. Аналіз причин аварій і катастроф показав, що значна частка їх припадає на організаційні чинники, зокрема на неправильні дії диспетчерського персоналу та працівників станції - порушення вимог безпеки під час експлуатації рухомого складу та об'єктів інфраструктури залізничного транспорту, невиконання вимог інструкцій з безпеки руху при здійсненні поїзної та маневрової роботи. Дана ситуація вимагає вирішення задачі підвищення рівня безпеки при організації перевезень небезпечних вантажів на основі розробки раціональної технології управління їх перевезень на рівнях тактичного і оперативного планування.

Одним із найбільш складних етапів в організації перевезень небезпечних вантажів на залізничному транспорті є процес планування маршруту слідування вагонів, який визначає з урахуванням діючого плану формування вантажних поїздів напрямок слідування та категорію поїзда, станції зупинки та розклад руху. Від рівня планування залежить безаварійність процесу перевезення небезпечних вантажів та ефективність реалізації якості заявлених послуг залізничним транспортом (точність доставки, швидкість за умови збереження вантажу).

Механізмом реалізації технології управління процесом просування вагонів з небезпечними вантажами на залізничній мережі є впровадження сучасних інформаційно-керуючих систем, що пов'язано з необхідністю реалізації в об'єднаному комплексі автоматизованих робочих місць (АРМ)

диспетчерського персоналу системи підтримки прийняття рішень на основі розробки нових комплексів задач, інтегрованих в єдину автоматизовану систему керування вантажними перевезеннями (АСК ВП УЗ-Є).

Зважаючи на вище викладене тема роботи є актуальною і зорієнтованою на вирішення важливих питань удосконалення системи організації перевезень небезпечних вантажів на залізницях України.

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є підвищення ефективності перевезень небезпечних вантажів за рахунок удосконалення інформаційних технологій. Для досягнення зазначеної мети у роботі поставлено і вирішено наступні задачі:

– виконати аналіз сучасного стану ринку перевезень небезпечних вантажів;

– дослідити особливості забезпечення безпеки руху транспортуванні небезпечних вантажів

– виявити можливості пошуку оптимального та субоптимального маршруту на залізничному напрямку;

– дослідити особливості формування моделі управління процесом руху вагонів з небезпечними вантажами;

– дослідити особливості технологічної бази автоматизованих систем управління рухом поїздів.

Об'єкт дослідження – процес перевезення небезпечних вантажів залізницями країни.

Предмет дослідження – застосування інформаційних технологій для вдосконалення транспортування небезпечних вантажів.

Методи дослідження – математичні, аналітичні.

**Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:**

1. Для оперативного управління процесом включення вагонів з небезпечними вантажами у склад поїзду сформовано математичну модель, яка забезпечує оптимізацію часу знаходження цих вагонів на станціях за обраним маршрутом прямування.

2. Удосконалено структуру та комплекс задач єдиної автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями (АСК ВП УЗ-Є) шляхом інтегрування сформованих систем підтримки прийняття рішень (СППР) щодо планування та оперативного управління процесом просування вагонів з небезпечними вантажами до автоматизованих робочих місць працівників, які безпосередньо пов'язані з перевезеннями небезпечних вантажів.

**Практичне значення отриманих результатів наступне:**

Результати, отримані у роботі можна використати в плані реалізації планування і управління перевезень небезпечних вантажів на тактичному та оперативному рівнях дозволяє підвищити рівень безпеки шляхом удосконалення процесу планування руху слідування вагонів з небезпечними вантажами за умови мінімізації експлуатаційних витрат та зменшення ризиків виникнення потенційно можливої транспортної події й пов'язаних з нею збитків під час виконання поїзної або маневрової роботи.

Програмна реалізація системи підтримки прийняття рішень для планування і управління процесом просування вагонів з небезпечними вантажами на основі організації локальної комп'ютерної мережі, яка інтегрована до системи АСК ВП УЗ-Є, доповнює комплекс задач, що вирішуються на базі діючих автоматизованих робочих місць поїзних диспетчерів, чергових по станції та маневрових диспетчерів станцій.

**Публікації:** Результати досліджень опубліковані в друкованих працях. У тому числі – статтях у збірниках наукових праць і тезах доповідей на науково-практичних конференціях.

# 1. СУЧАСНИЙ СТАН СИСТЕМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЦЯМИ КРАЇНАМИ

## 1.1. Аналіз ринку перевезень небезпечних вантажів на залізничному транспорті

Відомо, що зростання обсягів виробництва небезпечних речовин нерозривно пов'язано із збільшенням попиту на послуги з їх транспортування. Значну частину небезпечних вантажів, що перевозяться, становлять нафтопродукти, стислі і зріджені гази, вугілля, органічні перекиси і пестициди. Під час здійснення перевезення такі вантажі породжують так звану транспортну небезпеку - це узагальнений показник, що характеризує несприятливий вплив небезпечного вантажу на людей, тварин та навколишнє середовище під час нетривалої його дії в умовах аварійної ситуації [1]. На транспортну небезпеку найбільше впливає низка наступних основних чинників перевезень небезпечних вантажів: вид і обсяг перевезень, маршрут перевезень, технологія перевізного процесу [2]. Дослідження впливу кожного з цих елементів дозволить зменшити транспортну небезпеку. Основними напрямками дослідження є удосконалення організації перевізного процесу та розробка ефективних заходів щодо ліквідації наслідків можливих аварій [3].

В усьому світі спостерігається щорічне збільшення кількості аварій на транспорті, з яких 45% припадає на транспортування небезпечних вантажів [4]. Як відомо, залізницями України перевозяться значні обсяги небезпечних вантажів (НВ) і це вимагає дослідження їх загальних тенденцій та формування відповідних пропозицій щодо удосконалення цього процесу.

На протязі 2012-2016 р.р. на Залізниці П. спостерігається відносно стабільна тенденція обсягів перевезення небезпечних вантажів з коливаннями в межах 9-10 % та середнім значенням 4242 тис. тон. за рік. Для більш детального аналізу було проаналізовано частки кількості перевезених небезпечних вантажів та сформовано динаміки зміни обсягів перевезень небезпечних вантажів по роках. Аналіз довів, що починаючи з 2009 року

спостерігається тенденція перерозподілу між обсягами перевезень небезпечних вантажів, так обсяг небезпечних вантажів 9 класу станом на 2016 рік склав – 16 % на фоні зростання обсягів перевезень небезпечних вантажів 3 та 5 класу, що на вересень 2016 року – склав 27 % та 26 % відповідно від загального обсягу перевезень небезпечних вантажів. Розподіл кількості перевезених небезпечних вантажів кожного класу по роках наведено на рис. 1.1.

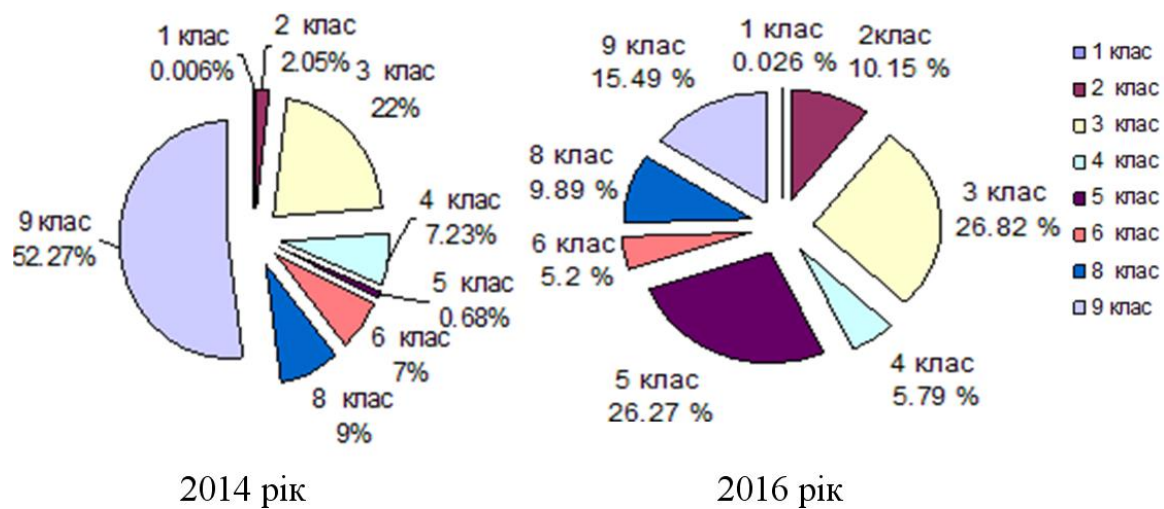


Рис. 1.1 - Розподіл кількості перевезених небезпечних вантажів за кожним класом на Залізниці П. за 2014, 2016 роки

Для дослідження загальної тенденції перевезення небезпечних вантажів за видами перевезень сформовано динаміку їх розподілу за 2008-2011 р.р. в умовах Залізниці П., яку наведено на рис. 1.2. В порівнянні з після кризовим 2014 роком загальні обсяги перевезень у 2016 році зросли на 11,6 %. На фоні загальної тенденції зростання обсягів транзитні перевезення знизилися на 13,1 % в порівнянні з 2014 роком. Обсяги перевезень на експорт зросли на 5 %. Обсяги кількості перевезених імпорتنих небезпечних вантажів зросли на 31 % в порівнянні з 2014 роком.

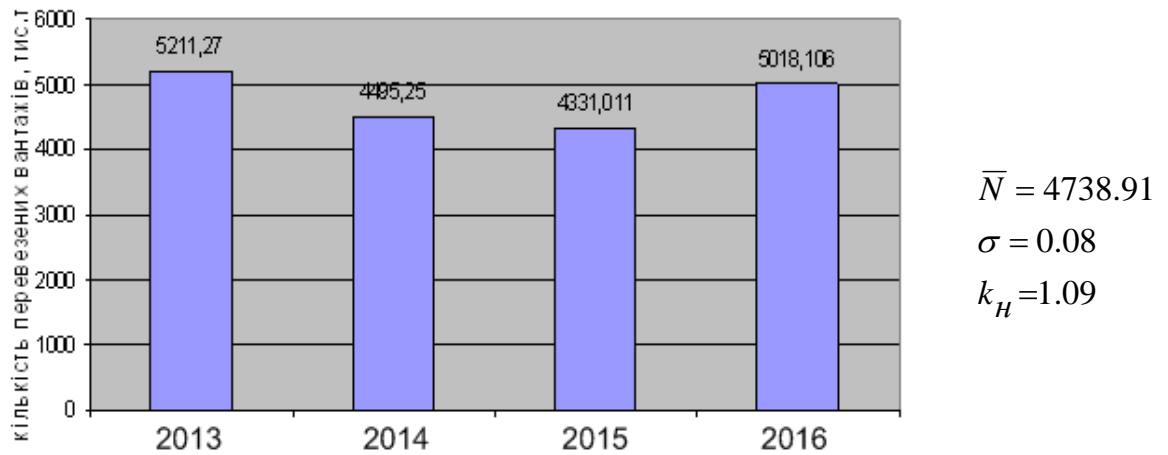


Рис. 1.2 - Динаміка розподілу кількості перевезених небезпечних вантажів всіх класів на Залізниці П. по роках

Для більш детального аналізу було сформовано динаміки зміни обсягів перевезень небезпечних вантажів по місяцях 2014-2015 р.р. за класами безпеки. Проведений аналіз динаміки зміни обсягів перевезення небезпечних вантажів по класах свідчить про наявність коливань на протязі року, яка відображається коефіцієнтом нерівномірності  $k_H$  для кожного окремого класу по різному і знаходиться в межах від 1,1 до 2,44. Також був розрахований коефіцієнти варіації  $\sigma$  та середнє значення обсягів перевезень  $\bar{N}$  для кожного окремого класу по місяцях на протязі 2014- 2015 р.р. Коефіцієнт варіації знаходиться в межах від 0,07 до 0.87, що показує не стабільність обсягів перевезення по місяцям в залежності від класу безпеки вантажу.

На рис. 1.3 наведено загальний розподіл кількості перевезених НВ всіх класів на Залізниці П. за 9 місяців 2017 року. На графіку досконало прослідковуються коливання обсягів перевезень небезпечних вантажів в залежності від класу.



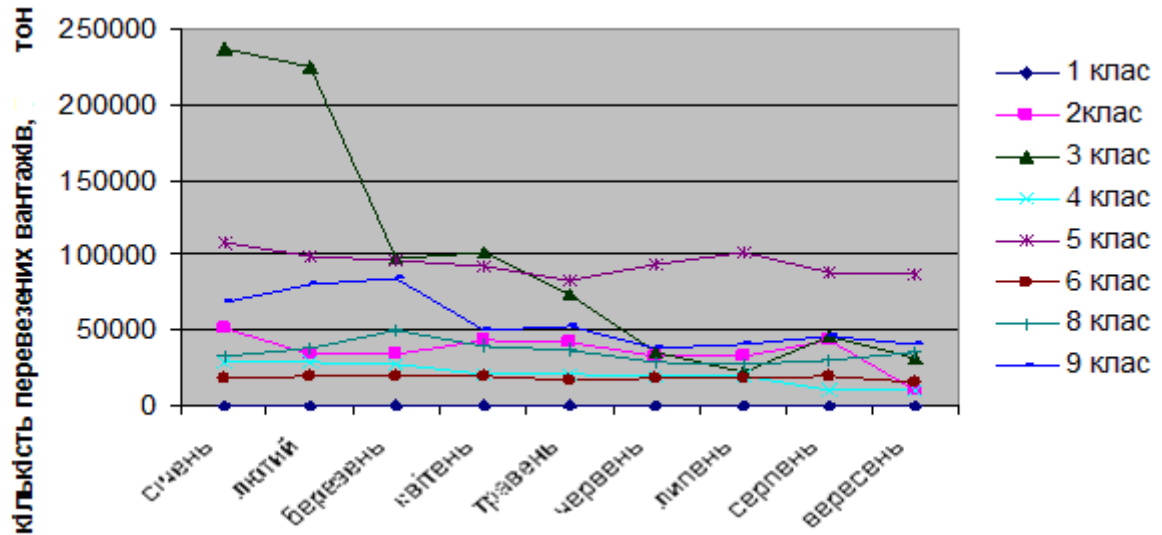


Рис. 1.3 - Графік розподілу кількості перевезених небезпечних вантажів всіх класів на Залізниці П. за 9 місяців 2017 року

Динаміка розподілу кількості перевезених небезпечних вантажів всіх класів на П. залізниці по місяцях за 2013 – 2014. р. наведені на рис. 1.4 .

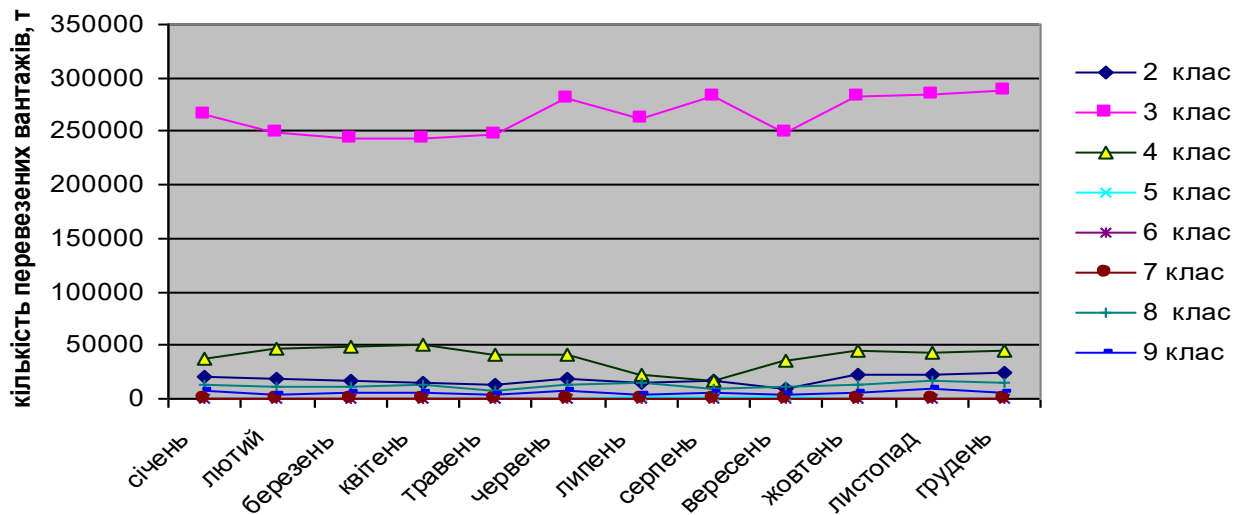


Рис. 1.4 - Графік розподілу кількості перевезених небезпечних вантажів всіх класів на П. залізниці по місяцях за 2014 рік

На основі проведеного аналізу встановлено, що тенденція зміни обсягів перевезень небезпечних вантажів за класами свідчить про наявність коливань на протязі всіх проаналізованих років. Тому в таких умовах потребує вирішення питання, щодо формування гнучких методів оперативного управління при перевезенні небезпечних вантажів всіх класів.

## 1.2 Особливості забезпечення безпеки руху при транспортуванні небезпечних вантажів

Упродовж 2016 року на залізницях України допущено 246 транспортних подій [5]. Щодобово траплялось у середньому 2,1 транспортна подія. Кількість транспортних подій, порівняно з аналогічним періодом 2015 року, зменшилася на 52 випадки, а кількість серйозних інцидентів збільшилося на 15 випадків. При цьому приведений обсяг перевезень за 2016 рік відносно аналогічного періоду 2015 року збільшено на 11,3 %, а питомий показник кількості транспортних подій до обсягів перевезень зменшено із 3,07 до 2,63 подій на 1 млрд., приведених тонно-кілометрів, рис.1.6.

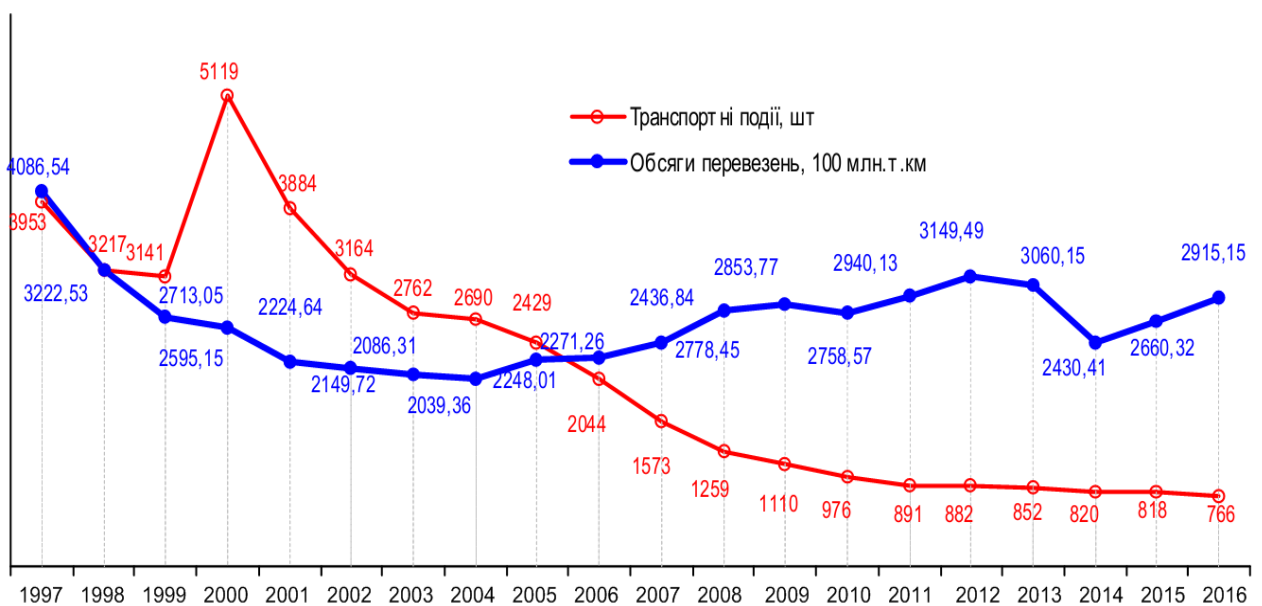


Рис. 1.6 Динаміка кількості транспортних подій у відношенні до обсягів перевезень

Аналіз стану безпеки руху поїздів у господарстві перевезень Укрзалізниці по підсумкам роботи за 2014 рік показав [6], що допущено 28 транспортних подій – 20 інцидентів та 8 порушень, в 2010 році було допущено 29 транспортних подій – 1 серйозний інцидент, 24 інциденти та 4 порушення. Розподіл транспортних подій у відсотковому відношенні по залізницям наведено на рис. 1.7.

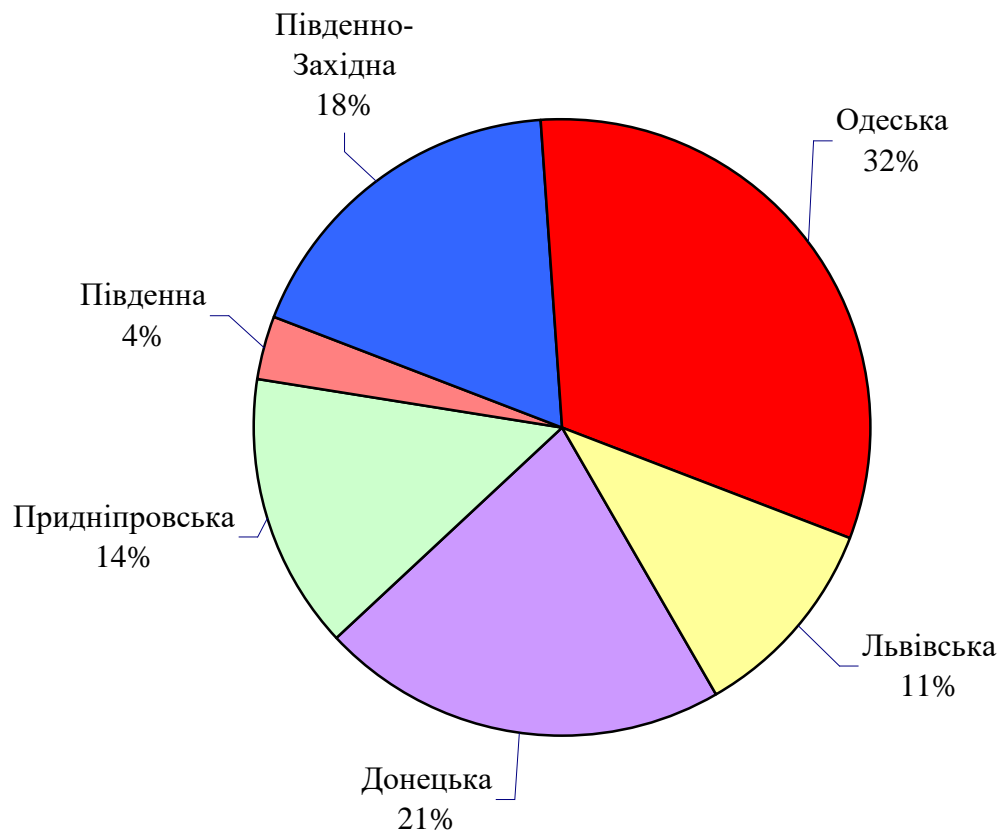


Рис. 1.7 Частка транспортних подій (%) по залізницям в 2014 році

Оскільки від загального обсягу перевезень вантажів залізничним транспортом близько 15% складають небезпечні вантажі (вибухонебезпечні, пожежонебезпечні, хімічні та інші речовини), то потенційна небезпека від перевезень НВ є дуже високою. Детальний аналіз причин транспортних подій при перевезенні небезпечних вантажів на протязі 2012-2016 р.р. на Залізниці П. показав, що причинами виникнення аварійних ситуацій є різні фактори: технічна несправність вагона; організаційні чинники при перевезенні

вантажів; порушення інструкції з наливу цистерн; втручання сторонніх осіб при перевезенні та інші. На рис. 1.8 наведено листову діаграму розподілу кількості транспортних подій з НВ за відповідальністю на Залізниці П..

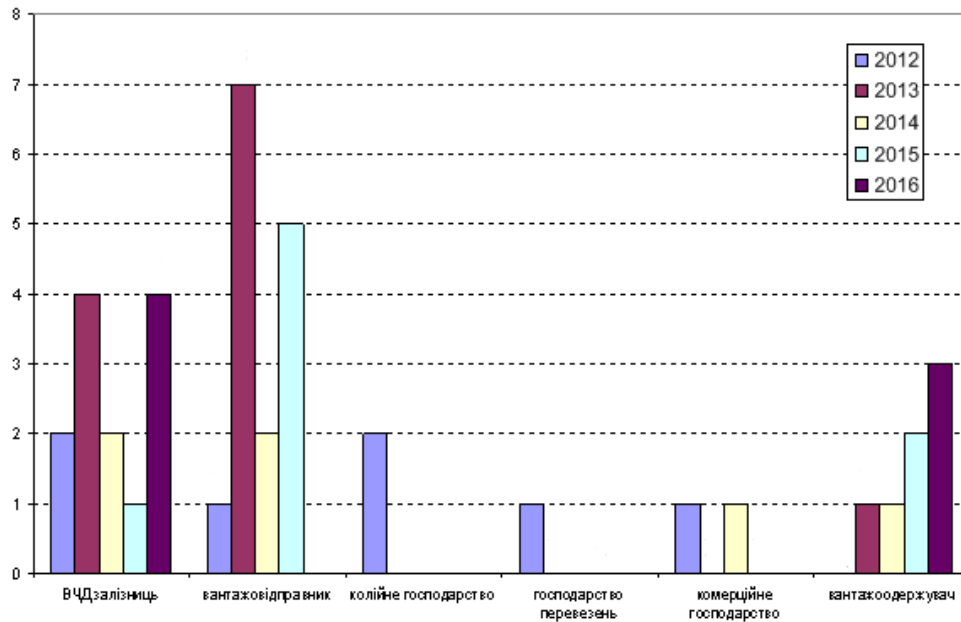


Рис. 1.8 Розподіл за відповідальністю кількості транспортних подій на Залізниці П. за період 2012-2016 роки

Аналіз транспортних подій за наслідками наведено на рис. 1.9. Приймаючи до уваги, що аварійні ситуації виникали з НВ класу 3 (легкозаймісті рідини), 8 (корозійні речовини), 9 (інші небезпечні речовини та вироби) то найбільш поширеними наслідками аварійної ситуації є витікання вантажу – 9 випадків та випаровування – 3 випадки. У 4 випадках аварійна ситуація супроводжувалась самозагоранням, окремо слід виділити самозагорання НВ класу 4.1 (легкозаймісті тверді речовини).

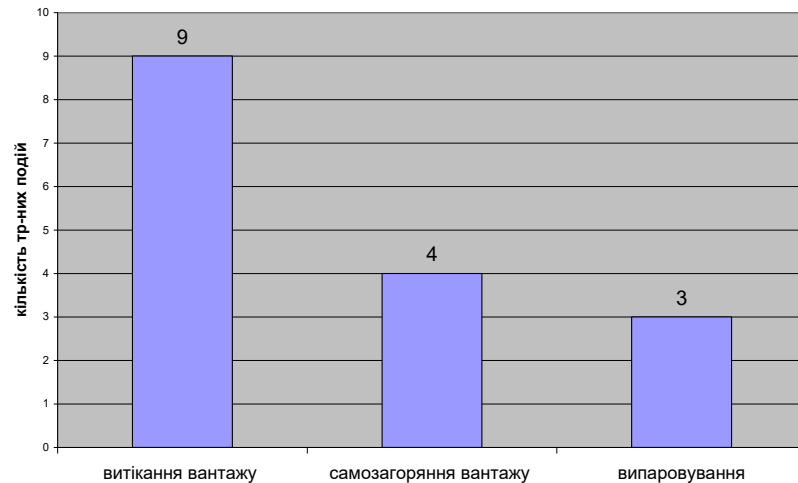


Рис. 1.9 Аналіз транспортних подій при перевезенні НВ на Залізниці П. за наслідками

Для загального аналізу було сформовано динаміку кількості випадків транспортних подій при перевезенні небезпечних вантажів на Залізниці П. за період 2012-2016 роки (рис. 1.10). Аналіз причин транспортних подій показав, що значна частка їх припадає на організаційні чинники, зокрема на неправильні дії диспетчерського персоналу та працівників станції - порушення вимог безпеки під час експлуатації рухомого складу та об'єктів інфраструктури залізничного транспорту, невиконання вимог інструкцій з безпеки руху при здійсненні поїзної та маневрової роботи.

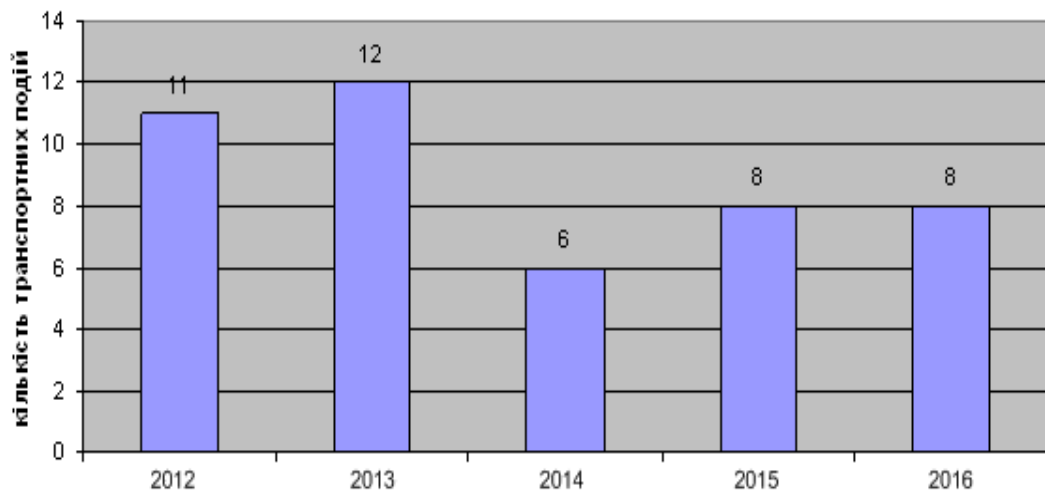


Рис. 1.10 Динаміка випадків транспортних подій при перевезенні небезпечних вантажів на Залізниці П. за 2012-2016 рр.

Динаміка виявлених вагонів з комерційними несправностями за 2015-2006 р.р. по всім залізницям, з урахуванням відчеплення вагонів для усунення несправностей наведено на рис. 1.12, 1.13.

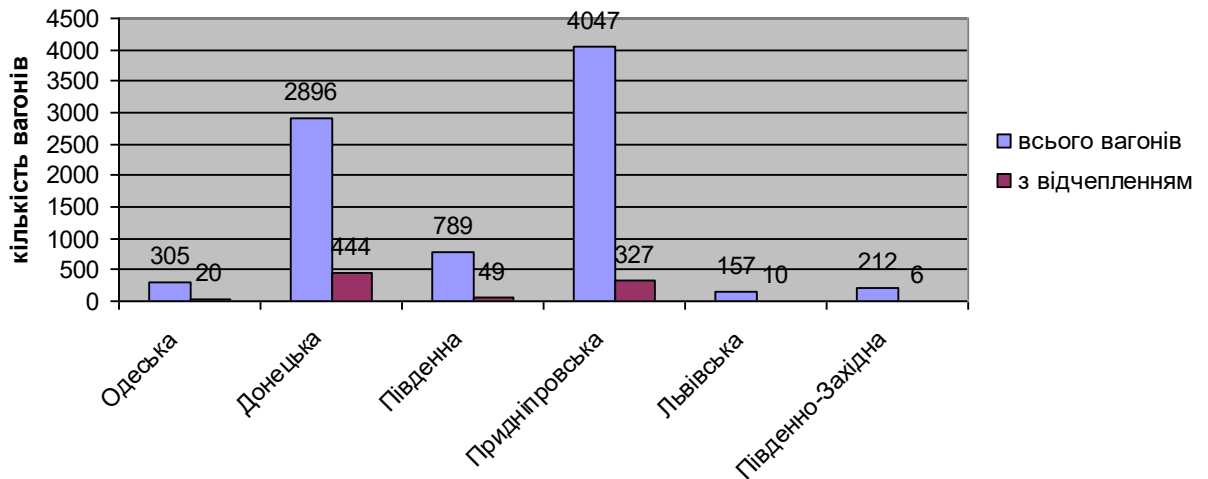


Рис. 1.12 - Динаміка виявлених вагонів з комерційними несправностями за 2015 рік по всім залізницям, з урахуванням відчеплення вагонів для усунення несправностей

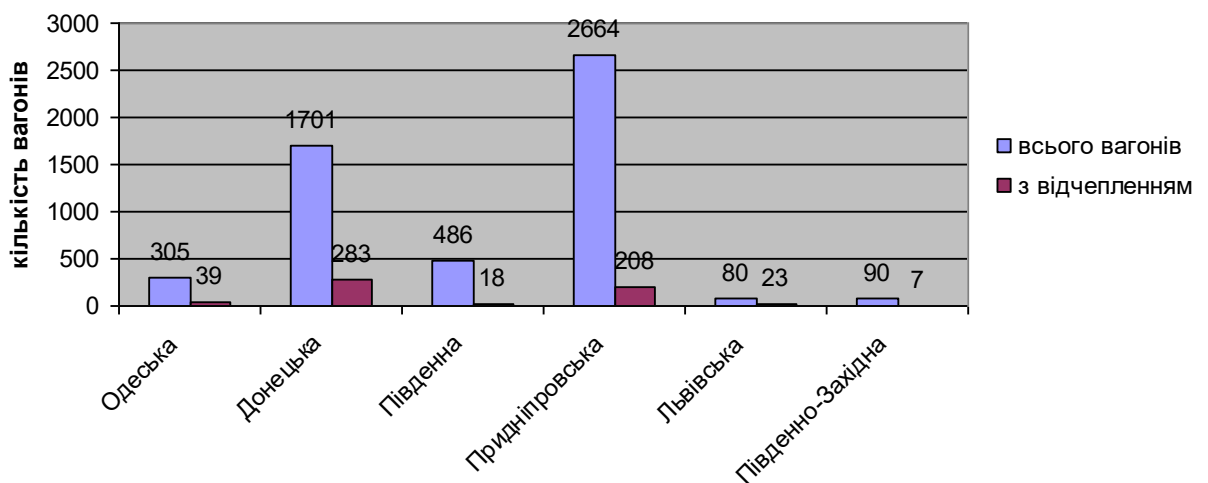


Рис. 1.13 - Динаміка виявлених вагонів з комерційними несправностями за 2016 рік по всім залізницям, з урахуванням відчеплення вагонів для усунення несправностей

На основі аналізу причин транспортних подій при перевезенні небезпечних вантажів можна зробити висновок, що значна частка транспортних подій відбувається за комерційними несправностями, але причинами виникнення інших транспортних подій є безпосередньо господарства перевезень. Причому наслідки цих транспортних подій є значно більшими з точки зору обсягів економічних збитків. Тому значної актуальності набувають питання удосконалення інформаційної системи перевезень небезпечних вантажів у різних ланках процесу транспортування.

### **1.3 Огляд існуючої технології планування перевезень небезпечних вантажів залізницями країни**

Відомо, що перевезення небезпечних вантажів залізницями здійснюються на підставі договорів про організацію перевезень, що укладаються між залізницею та відправником [7]. Згідно з договором про організацію перевезень не пізніше 12 діб до початку наступного місяця відправник надає залізниці відправлення місячне замовлення на перевезення вантажів за формою ГУ-12, або формою ГУ-12К через автоматизовану систему “МЕСПЛАН” (АС МЕСПЛАН), або на електронному носії у формі, сумісній з АС МЕСПЛАН, із зазначенням обсягів перевезень у вагонах (контейнерах) і тоннах. Замовлення оформляється окремо для кожної номенклатури вантажу, для кожної станції відправлення.

За два дні (не враховуючи дня подання) до початку декади відправник подає начальнику станції декадну заявку в електронному вигляді з розподілом подачі вагонів на кожний день (графік навантаження). Перевезення вантажів понад планом здійснюються за замовленнями відправників, поданими за 3 дні до дня навантаження, без обмеження планових перевезень та за умови платоспроможності відправника. На рис. 1.14 наведено схему планування перевезень НВ в межах залізниць України.

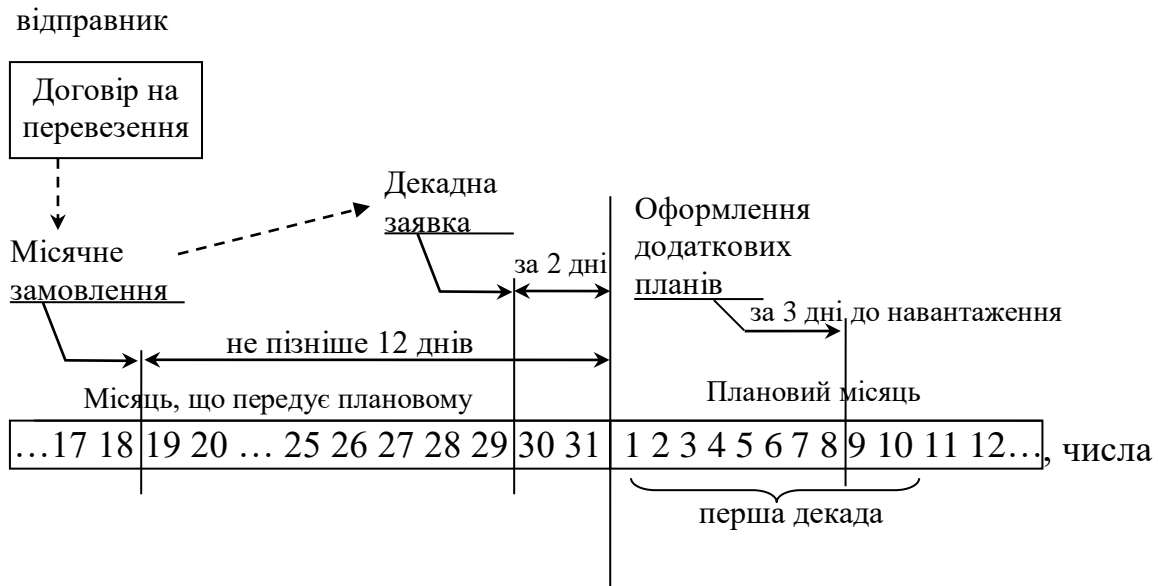


Рис. 1.14 Схема планування перевезень у внутрішньодержавному сполученні

Планування перевезень експортних, імпортних та транзитних небезпечних вантажів здійснюється залізницями відправлення у такому ж порядку, як і внутрішньодержавному сполученні лише із змінами строків подання заявок (рис. 1.14). Так відправники експортних вантажів надають залізницям відправлення місячні замовлення за 16 днів до початку місяця. Управління залізниці на підставі цих замовлень складає проект місячного плану перевезень експортних вантажів за номенклатурою і за 14 днів до початку місяця надсилає Укрзалізниці для погодження з портами та залізницями іноземних держав. В свою чергу залізниці, які передають експортні вантажі погоджують з відповідними портами місячні обсяги перевантаження вантажів з урахуванням вагонів, які очікують вивантаження, і не пізніше 8 днів до початку планового місяця повідомляють Укрзалізниці пропозиції щодо проекту плану. Так само Укрзалізниця погоджує план перевезень експортних вантажів з морськими та річковими портами, а у разі перевезення через порти іноземних держав - з залізничними адміністраціями цих держав і не пізніше 4 днів до початку планового місяця доводить його до залізниць відправлення (Рис. 1.15).



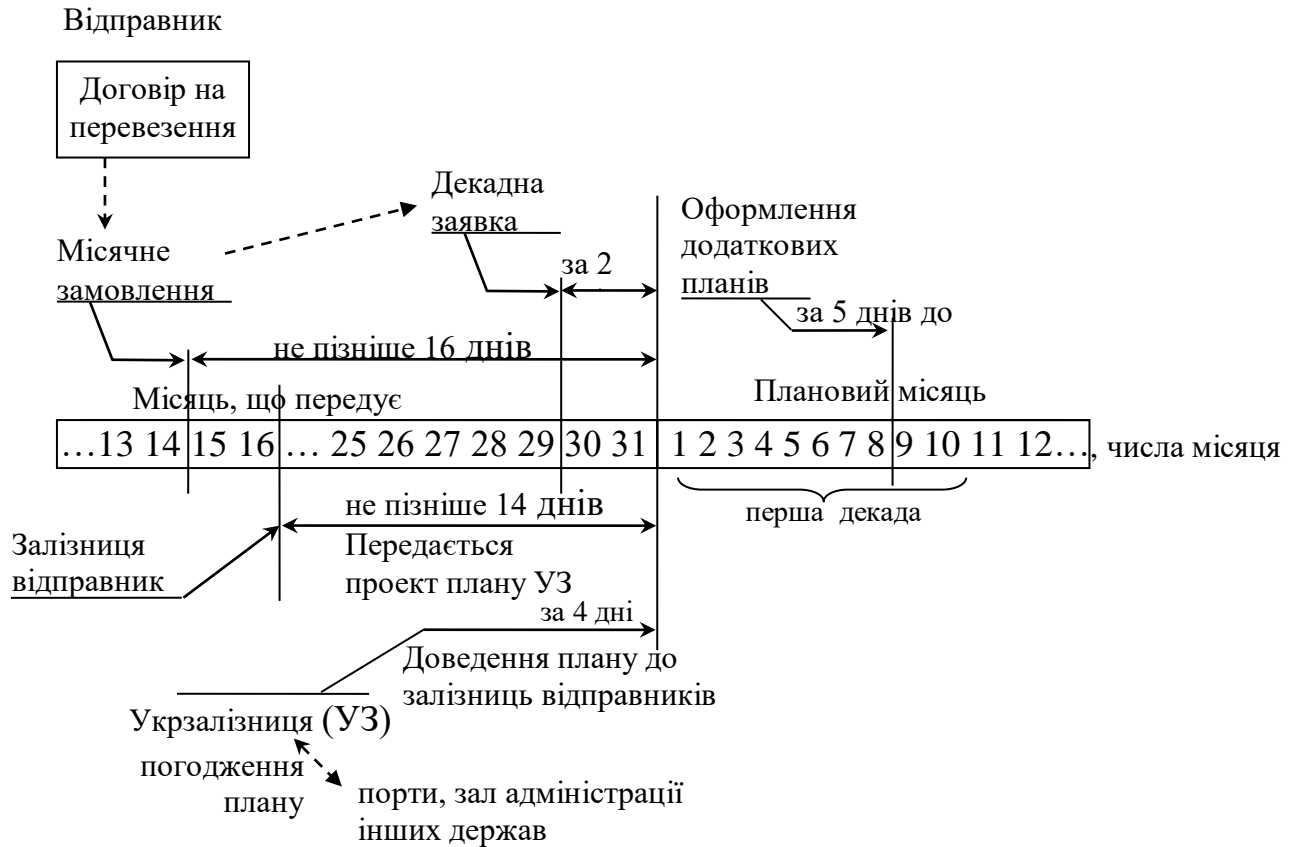


Рис. 1.15 Схема планування перевезень небезпечних вантажів в експортному сполученні

Для планування перевезень імпортованих і транзитних вантажів, що надходять із третіх країн через прикордонні станції України, іноземні залізниці в узгоджені терміни надсилають Укрзалізницю та залізничним адміністраціям країн - учасникам перевезень місячні заявки на перевезення вантажів за загальними обсягами у тоннах і вагонах згідно з узгодженою номенклатурою із зазначенням прикордонного переходу та способу передачі вантажів. Укрзалізниця розглядає можливість здійснення перевезення і в узгоджені строки інформує іноземну залізницю про прийняте рішення. Строком подачі заявки залізниці на перевезення є 10 днів до прибуття судна, у випадку перевезення вантажів у контейнерах заявка повинна бути подана за три дні до дня навантаження. Залізниці призначення розглядають можливість приймання заявлених обсягів, у разі потреби здійснюють коригування і не

пізніше ніж за 8 днів до початку планового місяця переводять ці замовлення в статус "узгоджено" або "неузгоджено".

У разі неможливості перевезення окремих вантажів на загальних засадах перевезення їх здійснюються відповідно до статті 63 Статуту залізниць України [8] на особливих умовах, які розробляються вантажовідправником і погоджуються Укрзалізницею. Перевезення вантажів на особливих умовах здійснюються за окремими договорами. При цьому сторони вправі передбачати у договорах додаткову відповідальність за виконання зобов'язань щодо перевезень вантажів. Крім вище вказаних документів відправник надає Укрзалізниці паспорт безпеки, характеристику вантажу й аварійну картку на небезпечний вантаж. Заява про перевезення вантажу на особливих умовах з доданими до неї проектом умов перевезення, стандартами (технічними умовами) на вантаж та згодою одержувача на таке перевезення надається відправником до Укрзалізниці не пізніше одного місяця до передбачуваної дати відправлення вантажу.

Укрзалізниця у 20-денний термін розглядає надані умови перевезення і погоджує їх або відмовляє у перевезенні, про що повідомляє відправника. У разі погодження умови перевезення повідомляються телеграмою Укрзалізниці станції, залізниці відправлення і призначення. На підставі телеграми залізниця відправлення укладає договір з відправником про перевезення вантажу на особливих умовах. У договорі зазначаються умови перевезення, порядок визначення плати за перевезення та відповідальність сторін.

Небезпечні вантажі перевозяться у вантажних поїздах одиничними вагонами, групами вагонів і маршрутами з постановкою відповідного прикриття, формування яких провадиться у межах норм за масою і довжиною, передбачених графіком руху поїздів. При перевезенні небезпечних вантажів здійснюється детальне планування маршрутів і графіків перевезення вантажу. Між сортувальними і дільничними станціями вагони з небезпечними вантажами можуть перевозитися усіма вантажними

поїздами відповідно до плану формування. Такі вагони з проміжних станцій на найближчі дільничні чи сортувальні станції і у зворотному напрямку можуть перевозитися зі збірними, вивізними поїздами або диспетчерськими локомотивами, а між станціями вузла і передвузловими станціями - передавальними і вивізними поїздами.

Особлива увага приділяється перевезенню вантажів класу 1 – вибухові матеріали (ВМ) [9]. Не допускається постановка вагонів з небезпечними вантажами, зокрема з вибуховими матеріалами (ВМ) у поїзди ближніх призначень, якщо за планом формування для відправлення цих вагонів передбачені більш дальні поїзди. Чергові по дирекції, старші диспетчери служби перевезень, станційні і маневрові диспетчери при плануванні поїзної роботи повинні спеціально розглядати можливість першочергового відправлення вагонів з ВМ, які прибувають на станцію, меншою кількістю поїздів.

За окремими напрямками перевезення ВМ можуть здійснюватися узгодженими поїздами. Зазначені поїзди включаються до графіка руху при перевезенні однією залізницею - начальником залізниці, двома і більше залізницями - Головним управлінням перевезень Укрзалізниці за погодженням із залізницями, які беруть участь у перевезенні. У випадках, коли маршрути прямування вагонів з небезпечними вантажами відрізняються від встановлених чинним планом формування, порядок їх включення в поїзда встановлюється відповідним розпорядженням залізничної адміністрації. Порядок пропуску транзитних поїздів з такими вантажами в обхід важливих залізничних вузлів, які мають такі обходи, встановлюється Укрзалізницею. Заходи безпеки, порядок ліквідації наслідків аварійних ситуацій та ведення аварійно-відбудовних робіт здійснюються відповідно до Правил безпеки та порядку ліквідації наслідків аварійних ситуацій з небезпечними вантажами при перевезенні їх залізничним транспортом.

Поїзди, до складу яких включені вагони з небезпечними вантажами, на всьому шляху повинні перебувати під постійним контролем поїзного

диспетчера, чергових по станції, а поїзди з вантажами Міноборони, Міністерства внутрішніх справ (МВС), Служби безпеки України (СБУ), які мають вживати заходів щодо забезпечення своєчасного і безпечного прямування таких поїздів. Про всі затримки й аварійні ситуації з такими поїздами поїзний диспетчер повинен повідомляти чергового по дирекції залізничних перевезень і разом з ним негайно вживати заходів до якнайшвидшої ліквідації наслідків і просування затриманих поїздів.

#### **1.4 Аналіз наукових досліджень з організації процесу перевезень небезпечних вантажів на залізничному транспорті**

У розвиток досліджень щодо розробки систем планування та оперативного управління на залізничному транспорті, технології організації перевезень небезпечних вантажів на залізничному транспорті, визначення оптимальних схем направлення вагонопотоків, застосування інформаційних технологій в управлінні експлуатаційною роботою, внесли свій вклад відомі вчені та практики [2-4, 7-10].

Аналіз вітчизняних досліджень в області забезпечення безпеки залізничних перевезень довів, що в основі створення будь-якої нової технології перевезення небезпечних вантажів прийнято використовувати критерій підвищення безпеки руху [**Error! Reference source not found.**]. По суті для кожного удосконалення технології перевезень вимагалось досягнення абсолютної безпеки, що є недосяжним в такій складній системі, як залізничний транспорт, в структурі управління якої завжди приймає участь людина. Таке розуміння безпеки руху було закладено в нормативно-технічну базу залізничного транспорту, що створило на залізницях України директивну і витратну систему забезпечення безпеки руху. Кожна реалізація заходу для підвищення безпеки руху поїздів не враховує розміри витрат на реалізацію даного рівня безпеки та не зіставляється з економічною доцільністю їх впровадження. Поряд з цим у світовій науці і практиці

техногенної безпеки введено і широко використовується поняття ризику [12, 13], що дозволило перевести небезпеку в розряд категорій, що вимірюються. Застосування поняття ризику дозволило створити новий підхід до формування системи безпеки руху, яка повинна ґрунтуватись з позицій як безпеки, так і економіки. Це означає, що при визначенні безпеки функціонування необхідно науково обґрунтувати з економічної точки зору той рівень ризику (у натуральних показниках), який може бути досягнений, при забезпеченні оптимального функціонування транспорту, з урахуванням необхідності підтримки даного рівня ризику ресурсними засобами. Такий підхід надав можливість створювати систему безпеки, ґрунтуючись на встановленні прийняттого соціально, економічно, технічно і політично обґрунтованого ризику, який не перевищує граничнодопустимого рівня.

Реалізація перевізного процесу, що пов'язаний з небезпечними вантажами супроводжується ризиком несприятливих подій. Врахування ризиків при рішенні задачі обґрунтування процесу управління просуванням вагонів з небезпечними вантажами є найбільш прийнятним підходом в роботах багатьох закордонних дослідженнях [14].

Починаючи з 1990-х років, з появою концепції Value-At-Risk [13], ризик почали визначати через ймовірність втрат. Такий підхід дозволив структурувати постановку задачі пошуку оптимального маршруту перевезення небезпечних вантажів за умови обліку ризиків. Постановка такої задачі, як правило, зводиться до вибору найкоротших шляхів на транспортній мережі, тобто вибір одного маршруту з низьким ризиком або пошук Парето-оптимального рішення, де можуть бути використані різні методи, моделі та критерії [15].

У вітчизняних дослідженнях розглядалися питання забезпечення безпеки транспортних систем, людей і навколишнього середовища за критеріями мінімального ризику. В роботі [16] виконана постановка динамічної транспортної задачі з урахуванням ризиків, що виникають в процесі виконання маршруту при перевезенні небезпечних вантажів на

автомобільному транспорті. Для вирішення задачі запропоновано моделі, які забезпечують ефективну зміну запланованого маршруту та оптимізацію рішення з мінімальними витратами часу та матеріальних ресурсів. При моделюванні вибору маршруту слідування враховуються такі фактори, як: тип дорожнього покриття; наявна статистика про кількість надзвичайних ситуацій на кожному перехресті дороги, освітленість протягом доби, графік середньої швидкості руху автомобілів. Розроблені моделі не враховують специфіку організації перевезень небезпечних вантажів на залізничному транспорті. В роботі Зеленько Ю. В. [17] запропоновані принципи оцінки збитків, що спричиняються аварійними розливами нафтопродуктів, розроблені методичні підходи до оцінки екологічного ризику функціонування залізничних магістралей.

В нормативних документах, що використовуються на залізничному транспорті України лише у 2011 році при створенні Положення про систему управління безпекою руху поїздів у Державній адміністрації залізничного транспорту України [18] було вперше введено поняття ризику – це кількісна міра небезпеки, що враховує ймовірність виникнення негативних наслідків від здійснення господарської діяльності та можливий розмір втрат від них. В цьому ж документі надано визначення ризику транспортної події, це – ймовірність виникнення потенційно можливої транспортної події й пов'язаних з нею збитків під час виконання поїзної або маневрової роботи чи під час стоянки/відстоювання составів/вагонів.

Питанням забезпечення безпеки перевезень небезпечних вантажів на основі зниження ризиків та уникнення тяжких наслідків від виникнення транспортних подій на маршрутах слідування составів, в умовах їх взаємодії з іншими видами транспорту і навколишнім середовищем присвячена робота Мартинюка І.В. [**Error! Reference source not found.**,17]. Автором розроблена методологія оцінки ризиків виникнення транспортних подій та економічних збитків від них для залізничного транспорту та конкретних маршрутів перевезення небезпечних вантажів. Дані дослідження підтверджують, що

система безпеки на залізничному транспорті повинна ґрунтуватися на концепції “прийняттого” ризику. Запропонована статистична модель безпеки руху поїздів, в якій ймовірність виникнення транспортної події з небезпечним вантажем представлено, як стаціонарний пуассонівський потік подій. Недоліком такого підходу визначення ймовірності виникнення подій для розрахунку ризиків є неповнота та недостовірність статистичних даних. Проведення розрахунків ризиків на основі статистичного підходу майже неможливо. За таких умов необхідним є пошук нових методів визначення ймовірностей на основі аналізу причинно-наслідкових зв'язків різних подій при перевезенні вантажів з НВ.

Одним із цікавих методів для аналізу ризиків є підхід [**Error! Reference source not found.**] на основі побудови дерев відмов та їх аналіз на етапі ідентифікації небезпек. Розроблені та подані в роботі типові дерева подій дозволяють на наступних етапах аналізу ризику проаналізувати всі можливі сценарії розвитку надзвичайної ситуації (НС), пов'язаних з пошкодженням цистерни з різними небезпечними речовинами, оцінити вірогідність виникнення і розвитку кожного з розглянутих сценаріїв, встановити найбільш ймовірний і найгірший сценарії розвитку НС. На відміну від статистичного методу перевагою використання дерев відмов є більш точний підхід до визначення ймовірності ризику, який заснований на факторному аналізі із застосуванням впливу ієрархії подій, що дозволяє виявити причинно-наслідкові зв'язки подій, що призвели до виникнення надзвичайної ситуації. Недоліком запропонованого підходу є використання експертних оцінок при побудові та аналізі даних дерев подій, що може призвести до непередбачених помилок при ідентифікації небезпеки. В роботі [**Error! Reference source not found.**] також запропоновано застосовувати апарат дерев відмов для оцінки ризику при розробці паспортів безпеки на об'єктах залізничного транспорту, зокрема на великих залізничних станціях.

Окрім рішення задач планування перевезень небезпечних вантажів з урахуванням ризиків приділяється багато уваги питанням прогнозування

наслідків виникнення надзвичайних ситуацій для підвищення ефективності ліквідації наслідків аварії з небезпечними вантажами. В роботі [**Error! Reference source not found.**] наведено приклади характерних пожеж та аварій на залізничному транспорті. Розглянуто проблемні питання гасіння пожеж та ліквідації наслідків аварій на залізничному транспорті під час перевезення небезпечних вантажів. Наведено результати аналізу дій підрозділів пожежних та аварійно-рятувальних служб провідних країн світу. В роботі відмічається складність та необхідність прогнозування розвитку пожеж при перевезенні небезпечних вантажів.

В роботі [**Error! Reference source not found.**] запропоновано верифіковану математичну модель динаміки розвитку наслідків пожежі при аварійних розливах нафтопродуктів (бензин, сира нафта, дизельне паливо) на території припортової залізничної станції. Модель реалізує алгоритм варіантних розрахунків геометричних розмірів зон розливу і мас речовин в плямі розливу для різних ступенів розгерметизації вагонів-цистерн із витоком небезпечного вмісту на різні підстилаючі поверхні (гравій, бетон, пісок, земля) з урахуванням специфіки розповсюдження пожежі розливу на залізничних коліях.

Наукові дослідження в області перевезення небезпечних вантажів в міжнародному сполученні, що є одним з найскладніших видів перевезень вантажів, в першу чергу спрямовані на вирішення задач підвищення безпеки перевезень та скорочення строків доставки вантажів [21-23]. В межах напрямку досліджень важливого значення набувають питання удосконалення технології пропуску поїздів через прикордонні переходи, де стикаються залізниці з різною шириною колії. Існуюча дотепер традиційна технологія переходу вагонів через стики залізниць різного стандарту шляхом перевалки або перевантаження, що пов'язане зі зміною ширини колії не відповідає сучасним вимогам безпеки перевезень. Одним із найбільш ефективних заходів щодо прискорення перевезень та підвищення безпеки є запуск у постійну експлуатацію міжнародних поїздів із використанням технологій



автоматичного переходу вагонами стикових пунктів залізниць із різною шириною колії – 1520 мм і 1435 мм. Аналіз експлуатаційних проблем застосування візків з розсунними колісними парами системи SUW-2000 показав, що їх застосування можливе і при здійсненні перевезень небезпечних вантажів [Error! Reference source not found.]. Такий підхід вимагає розробки технології організації перевезень в умовах відсутності операцій перевантаження на прикордонних залізничних станціях.

### Висновки до 1 розділу

Як довів проведений аналіз, обсяги перевезень небезпечних вантажів на залізницях України складають 15 % від загального. Для більш детального аналізу було проаналізовано частки кількості перевезених небезпечних вантажів та сформовано динаміки зміни обсягів перевезень небезпечних вантажів по роках. В межах Залізниці П. були проаналізовані маршрути прямування вагонопотоків відповідно до діючого плану формування поїздів. Діюча система планування перевезень НВ базується на часовому горизонті в межах 10-12 днів. Аналіз прийняття рішень щодо планування маршрутів перевезень в межах прийнятого періоду свідчить про недосконалість системи при виборі маршрутів перевезень, яка в основному базується на експертних оцінках в умовах складних топологій залізничних підсистем.

Аналіз наукових досліджень при перевезенні НВ свідчить, що в основному теоретичні розробки виконувались для умов автомобільного транспорту. При цьому вони спрямовані на оцінку потенціальної небезпеки через врахування можливих ризиків та економічних наслідків. Таким чином виникає актуальне науково-прикладне завдання удосконалення технологій перевезень небезпечних вантажів на залізничному транспорті, що передбачає формування наукових підходів для створення теоретичної бази автоматизації процесу перевезень на тактичному та оперативному рівнях, яка базується на оцінці можливих ризиків.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила безпеки та порядку ліквідації наслідків аварійних ситуацій з небезпечними вантажами при перевезенні їх залізничним транспортом затверджені наказом Міністерства транспорту та зв'язку N 567 від 16.10.2000, Київ (із змінами, внесеними згідно з Наказами Міністерства транспорту та зв'язку N 1431 від 25.11.2008 N 1135 від 05.11.2009 Наказом Міністерства інфраструктури N 177 від 21.03.2012) Офіційний Вісник України 2000,49 від 22.12.2000.
2. Перевозки опасных грузов: учебно-метод. пособие / И.С. Дзюба. – Гомель: УО «БелГУТ», 2006. – 112 с.
3. Дугин Г.С. Перевозка опасных грузов во внутреннем и международном сообщениях // Вестник транспорта. – М., 2006. – № 8. – С. 34–11.
4. Островский А.М. Актуальные проблемы перевозок опасных грузов и возможные пути их решения /А.М. Островский, В.И. Медведев// Наука и транспорт. - 2006. - С. 14-17.
5. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2011 році // МНС України, Київ, 2012. – 359 с.
6. Аналіз стану безпеки руху поїздів у господарстві перевезень Укрзалізниці по підсумкам роботи за 2011 рік/ Укрзалізниця, Київ, 2011. – 32 с.
7. Правила перевезення вантажів (Наказ Міністерства транспорту України від 21 листопада 2000 року N 644, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 24 листопада 2000 р. за N 861/5082 )
8. Статут залізниць України, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 6 квітня 1998 р. N 457, та постанови КМУ від 22 квітня 1997 р. N 367.
9. Правила перевезення небезпечних вантажів затверджені наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 25 листопада 2008 р. N

1430 Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 26 лютого 2009 р.  
за 180/16196 – 120 с.

10. Green A.E., Bourne A.J. Reliability technology / Wiley-Interscience, 1972 – 636 p.
11. Bourne A.J. Probability assessment. In Green A.E./op. cit., 1982. – 73 p.
12. Barlow R.E. Properties of probability distributions with monotone hazard rate/ R.E. Barlow, A.W. Marshall, F. Proschan // Ann. Math. Statist., 1963. – № 34. – С. 115-389.
13. Kumamoto H., Ernest H.J. Probabilistic risk assessment and management for engineers and scientists / John Wiley, NY, 2000. – 232 p.
14. Kumamoto H. Protective system hazard analysis/ H. Kumamoto, E. J. Henley// Ind. Engr, Chem., 1978. – vol. 13. – pp.274 -224.
15. Apl E. Risk-based transportation Planning Practice: Overall Methodology and A Case Example / E. Apl // INFOR. – 1995. – Vol. 33. – P. 4-19.
16. Erkut E. Modeling of transport Risk for Hazardous Materials / E. Erkut, V. Verter // Operations Research. – 1998. – Vol. 46. – № 5. –P. 625-642.
17. ReVelle C. Simultaneous Siting and Routing in the Disposal of Hazardous Wastes // C. ReVelle, J. Cohon, D. Shobry // Transportation Science. – 1991. – Vol. 31. – P. 138–145.
18. Batta R. Optimal Obnoxious Paths on a Network: Transportation of Hazardous Materials / R. Batta, S. S. Chiu // Operations Research. – 1988. – Vol. 36. – P. 84-92.
19. Akgün V. On finding dissimilar paths/ V. Akgün, E. Erkut, R. Batta // European Journal of Operational Research, 2000. – 121 (2). – P. 232-246
20. Bonvicini S. Risk analysis of hazardous materials transportation: evaluating uncertainty by means of fuzzy logic / S. Bonvicini, P. Leonelli; G. Spadoni // Journal of Hazardous Materials, September 11, 1998. – vol. 62. – P. 59-74.
21. Leonelli P. Hazardous materials transportation: a risk-analysis based routing methodology / P. Leonelli, S. Bonvicini, G. Spadoni // Journal of Hazardous Materials, 2000. –no. 71(1-3). – P. 283-300.

22. Frank W.C. Spatial decision support system for hazardous material truck routing / W.C. Frank, J.C. Thill, R. Batta // *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2000. – no. 8(1-6). – P. 311-359.
23. Зубков Б.В. Методический подход к оценке риска в системе управления безопасностью полётов / Б.В. Зубков, С.Е. Прозоров// *Научный Вестник МГТУ ГА, Москва*, 2011. – № 174(12). – С. 7-11.
24. Прозоров С.Е. Безопасность и экономичность полётов/ С.Е. Прозоров // *Научный Вестник МГТУ ГА, Москва*, 2011 – № 174 (12). – С. 25-27.
25. Каламкарлова А.А. Страхование международных грузоперевозок на морском транспорте: дис. ... канд./кандидата эконом. наук. Российская экономическая академия им. Г.В. Плеханова, Москва, 2010.
26. Коноваленко Ю. Моделивання ризиків при перевезенні небезпечних вантажів / Ю. Коноваленко // *ВІСНИК КНТЕУ*. – 2011. – № 5. – С. 82-97.
27. Енглезі І.П. Щодо визначення найбезпечнішого маршруту руху при перевезенні небезпечних вантажів / І.П. Енглезі // *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту, Донецьк*, 2012. – Вип. 1. – С. 14-19.
28. Шурупов В.О. Методологія формування маршрутної системи перевезень небезпечних вантажів / В.О. Шурупов // *Вісник КДПУ*. – 2006. – Вип. 6(41)., Частина 1. – С.46-47.