

ТАРАСОВ К. О., аспірант

(Український державний університет залізничного транспорту)

Удосконалення чинної системи оперативного управління швидкісними залізничними пасажирськими перевезеннями

У статті розглянуто питання підвищення ефективності швидкісних пасажирських залізничних перевезень шляхом впровадження автоматизованої технології надання альтернативних маршрутів в умовах руйнування залізничної інфраструктури внаслідок природних катаклізмів, техногенних аварій або воєнних дій. Запропонована автоматизована система дає змогу оптимізувати процес ухвалення рішень щодо альтернативних маршрутів, зменшуючи ризик людської помилки, і скоротити час затримки швидкісних пасажирських поїздів. Стаття також аналізує інтеграцію цієї системи з чинними структурами управління та автоматизованими робочими місцями поїзних диспетчерів (АРМ ДНЦ) і її вплив на підвищення загальної ефективності роботи залізничного транспорту в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: швидкісний рух, пасажирські перевезення, альтернативний маршрут, система підтримки ухвалення рішень, інформаційні технології.

Вступ

Управління є ключовим аспектом організації будь-якого процесу, спрямованого на досягнення конкретних цілей. Це включає вплив на різні фактори, які визначають стан об'єкта або процесу, забезпечуючи їхні якісні і кількісні зміни. Однією з важливих складових управління є оперативне управління, орієнтоване на короткострокові завдання і негайне реагування на зміни або проблеми. В умовах критичних ситуацій, таких як руйнування залізничної інфраструктури, оперативне управління відіграє вирішальну роль, даючи змогу швидко адаптувати систему до нових умов і забезпечити безперервний процес залізничних перевезень.

Запровадження автоматизованих технологій, які сприяють оптимізації управління в таких випадках, значно підвищує ефективність роботи залізничного транспорту, зменшуючи час простою поїздів і мінімізуючи людські помилки. Отже, сучасні підходи до управління є невід'ємною складовою успішного функціонування організацій, особливо в умовах надзвичайних ситуацій.

Постановка проблеми

Залізничний транспорт відіграє критичну роль в економічному розвитку країни, забезпечуючи перевезення вантажів і пасажирів.

Проте він вразливий до різних негативних впливів, таких як природні катаклізми, техногенні аварії, транспортні події або проведення бойових дій, що є досить актуальним у наш час. Руйнування будь-якого елемента залізничної інфраструктури може призвести до серйозних соціальних, економічних і технічних наслідків, що потребує негайного реагування та ухвалення ефективних рішень щодо оперативного відновлення та забезпечення альтернативних маршрутів в обхід зруйнованої дільниці для всіх категорій поїздів. При цьому час прямування поїзда таким маршрутом і витрати на його організацію мають бути мінімальними.

За таких умов існує необхідність розроблення ефективних методів і технологій оперативного управління залізничним транспортом, які дають змогу швидко адаптуватися до умов руйнування, забезпечити мінімальні затримки в русі поїздів і знизити економічні втрати.

Отже, постає завдання створення автоматизованої системи, яка забезпечить оптимальне управління залізничною інфраструктурою в умовах надзвичайних ситуацій з урахуванням усіх можливих ризиків і варіантів розвитку подій. Важливо також забезпечити інтеграцію цієї системи з чинною структурою управління рухом поїздів та автоматизованими робочими місцями задіяного персоналу, що дасть змогу досягти високої ефективності в реагуванні на надзвичайні ситуації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Удосконаленню швидкісних залізничних пасажирських перевезень, зокрема в надзвичайних умовах, присвячено багато робіт вітчизняних і закордонних учених. Так, у науковій праці [1] була розглянута схема оперативної взаємодії в головному та регіональних центрах управління перевезеннями з операторами перевезень на залізницях України та наведена схема орієнтованого інформаційного графа диспетчерського центра управління залізницею. У науковій статті [2] проаналізовано впроваджувану АС «Надзвичайна ситуація» і запропоновано структуру її взаємодії з АСК ВП УЗ Є для організації перевізного процесу в разі виникнення нестандартних ситуацій у вигляді системи підтримки прийняття рішень (СППР). Авторами наукової роботи [3] задля підвищення надійності функціонування системи швидкісних залізничних пасажирських перевезень в умовах воєнного стану в Україні запропоновано процедуру надання альтернативного маршруту швидкісним поїздам на напрямку перевезень.

Не є виключенням і роботи закордонних вчених, наприклад, у роботі [4] було розроблено програмну структуру, що поєднує алгоритми моніторингу стану залізничного руху, прогнозування, виявлення та вирішення конфліктів на маршрутах під час незапланованих порушень роботи залізничного транспорту, а в роботі [5] авторами запропоновано методичну процедуру надання альтернативних маршрутів при проведенні планових ремонтів із закриттям залізничної дільниці для чеського оператора залізниць.

Отже, як бачимо з наведеного аналізу, удосконаленню швидкісних залізничних пасажирських перевезень, а також розробленню автоматизованих технологій, які дають змогу оперативно реагувати на надзвичайні ситуації, з метою підвищення надійності та ефективності роботи залізничного транспорту, присвячено багато досліджень, і тема дослідження є актуальною.

Мета дослідження

Удосконалення чинної системи оперативного управління для швидкісних залізничних пасажирських перевезень у разі руйнування залізничної інфраструктури

Викладення основного матеріалу дослідження

Якщо трохи зануритися в термінологію, то саме слово управління слід розуміти як вплив цілеспрямованих дій на об'єкт або процес, що

призводить до якісної і кількісної зміни факторів, які визначають стан об'єкта або процесу, в результаті чого можна досягти конкретної мети. До основних функцій управління можна віднести планування, облік, оперативне управління та контроль за визначеними процесами [6]. Зазвичай управління спрямоване на довгострокове планування, визначення стратегічних цілей і загальних напрямів розвитку організації або процесу, воно охоплює всі рівні і аспекти діяльності – від стратегічного планування до забезпечення ресурсами.

У випадках, коли необхідно сфокусуватися на конкретних оперативних завданнях, часто на нижчому рівні управління, орієнтованому на короткострокові періоди, потрібно організувати негайне реагування на зміни або проблеми, що виникли, тоді застосовують оперативне управління (ОУ).

Оперативне управління (ОУ) являє собою одну з основних функцій управління виробництвом, що полягає в інтервальному розробленні оперативних планів і постійній організації контролю і регулювання їх виконання. Основною складовою ОУ є диспетчерське керівництво, систематичний облік і контроль за ходом виконання оперативних планів і регулювання ходу виробництва [6].

Як уже було зазначено, альтернативний маршрут – це резервний шлях, який використовують для продовження поїздок в обхід зруйнованих ділянок чи станцій. Формування альтернативних маршрутів для швидкісних пасажирських поїздів у разі руйнування залізничної інфраструктури є одним із найяскравіших прикладів, коли необхідне саме оперативне управління. У цьому випадку найбільший рівень відповідальності за організацію руху поїздів на себе беруть диспетчерський апарат філії «УЗШК» і виробничі підрозділи «Служби роботи станцій» (Д) і «Центр управління рухом поїздів» (ЦУР) у межах тих регіональних філій, де відбулося руйнування або які будуть задіяні при формуванні альтернативного маршруту.

Загалом мережа українських залізниць складається з шести регіональних філій, поділених на регіони, а кожен регіон – на окремі диспетчерські дільниці. Наприклад, регіональна філія «Південно-Західна залізниця», яка має один із найвищих показників інтенсивності руху поїздів на території України, поділяється на п'ять регіонів (Київський, Козятинський, Жмеринський (рис. 1), Коростенський і Конотопський і 23 диспетчерські дільниці.

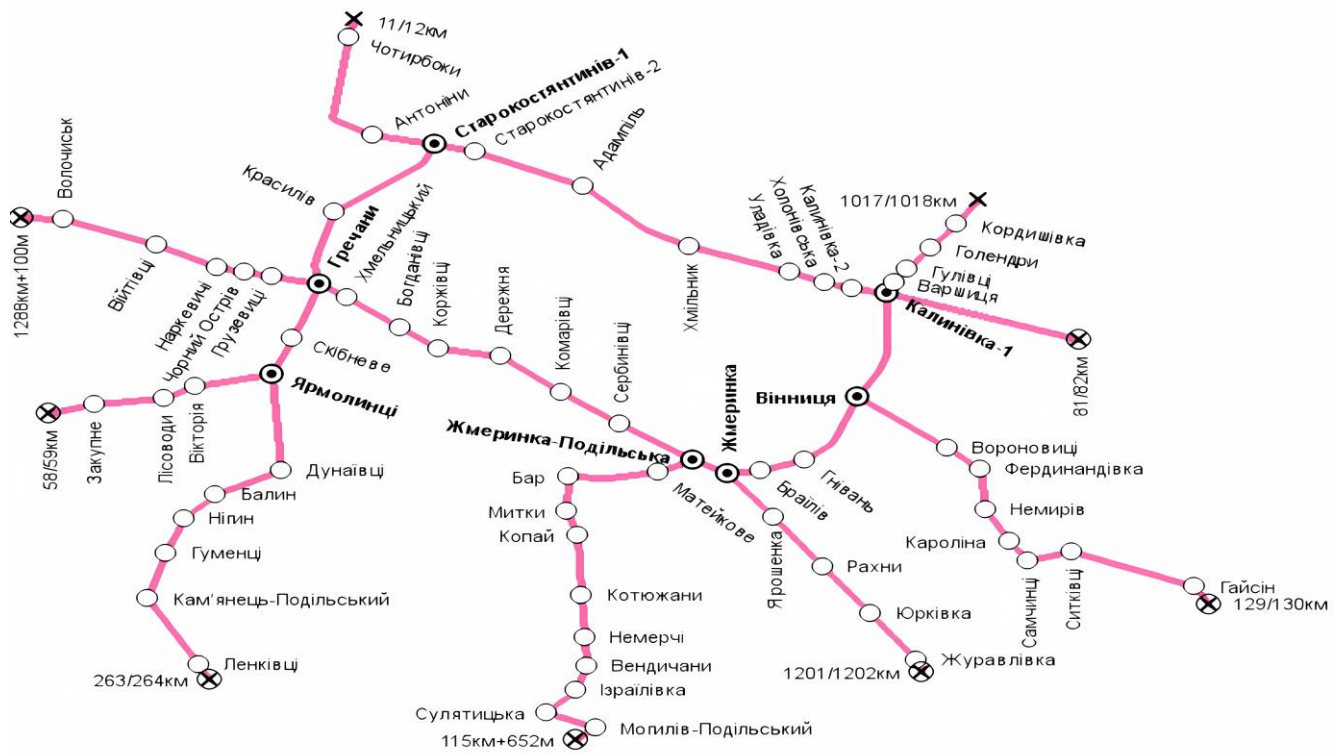


Рис. 1. Схема Жмеринського регіону регіональної філії «Південно-Західна залізниця»

Кожен із підрозділів має свою мету і завдання. Так, метою ЦУР є задоволення потреб перевезення пасажирів, вантажів, зокрема небезпечних вантажів, багажу, вантажобагажу і пошти залізничним транспортом у внутрішньому та міжнародному сполученнях. Цієї мети досягають за рахунок вирішення таких завдань, як організація управління процесом перевезень, регулювання напрямку вагонопотоків і забезпечення безперервності перевізного процесу, вирішення питань ефективного використання рухомого складу на регіонах залізничних перевезень, управління та контроль розроблення графіка руху поїздів, порядку напрямків вагонопотоків і формування їх у поїзди згідно з планом формування поїздів залізничними станціями.

На мережі українських залізниць існує п'ять ЦУР, розташованих у Києві, Харкові, Львові, Дніпрі та Одесі, кожен із яких підпорядкований безпосередньо «Департаменту управління рухом» у місті Києві. Аналогічно «Департаменту управління рухом» підпорядкований і диспетчер УЗШК. Основним працівником у межах ЦУР, який одноосібно керує рухом поїздів на заданій дільниці, є поїзний диспетчер (ДНЦ), до обов'язків якого належить:

- активне використання технічних засобів для забезпечення необхідних обсягів руху, зменшення

- часу обробки поїздів на станціях, а також ефективного використання вагонного парку, локомотивів і забезпечення пропускної спроможності;
- контролювання діяльності станцій і вживання заходів для виконання завдань із формування та відправлення поїздів за графіком руху і планом формування поїздів;

- своєчасне надання вказівок щодо руху поїздів черговим по станціях, а в разі потреби – машиністам локомотивів і складачам поїздів;

- спостереження за процесами приймання та відправлення поїздів на станціях, особливо у випадках збоїв у роботі систем СЦБ і зв'язку, під час обгонів і схрещень довгих, великовагових поїздів, поїздів із небезпечними чи негабаритними вантажами, а також вживання заходів для убезпечення і своєчасного руху поїздів.

«Служба роботи станцій» у свою чергу забезпечує своєчасне та якісне перевезення пасажирів, вантажів, багажу та пошти, гарантуючи безпеку руху поїздів і збереження вантажу; організовує рух поїздів за графіком, аналізує ринок транспортних послуг, розробляє та погоджує з відповідними службами довгострокові плани розвитку транспортного обслуговування, інфраструктури та рухомого складу; забезпечує розвиток і зміцнення матеріально-технічної бази певного регіону, захист навколишнього середовища,

готовність технічних підрозділів до надзвичайних ситуацій, а також керує ліквідацією їхніх наслідків; визначає обсяги перевезень вантажів для підрозділів регіону відповідно до затверджених планів, доводить їм норми забезпечення рухомим складом, контролює виконання планів перевезень пасажирів і вантажів, а також забезпечує впровадження єдиної науково-технічної та інвестиційної політики для підвищення технічного рівня виробництва, удосконалення технологічних процесів і застосування світового досвіду. Організаційна структура виробничого підрозділу «Служба роботи станцій» подана на рис. 2.

У разі виникнення нестандартних ситуацій саме регіональний відділ роботи станцій (ДРС), взаємодіючи з іншими структурами, забезпечує оперативне управління технічними засобами регіону (пожежні або відбудовні поїзди, автомобільний транспорт тощо) і підготовку захисних споруд і спеціальних об'єктів до роботи в екстремальних умовах.

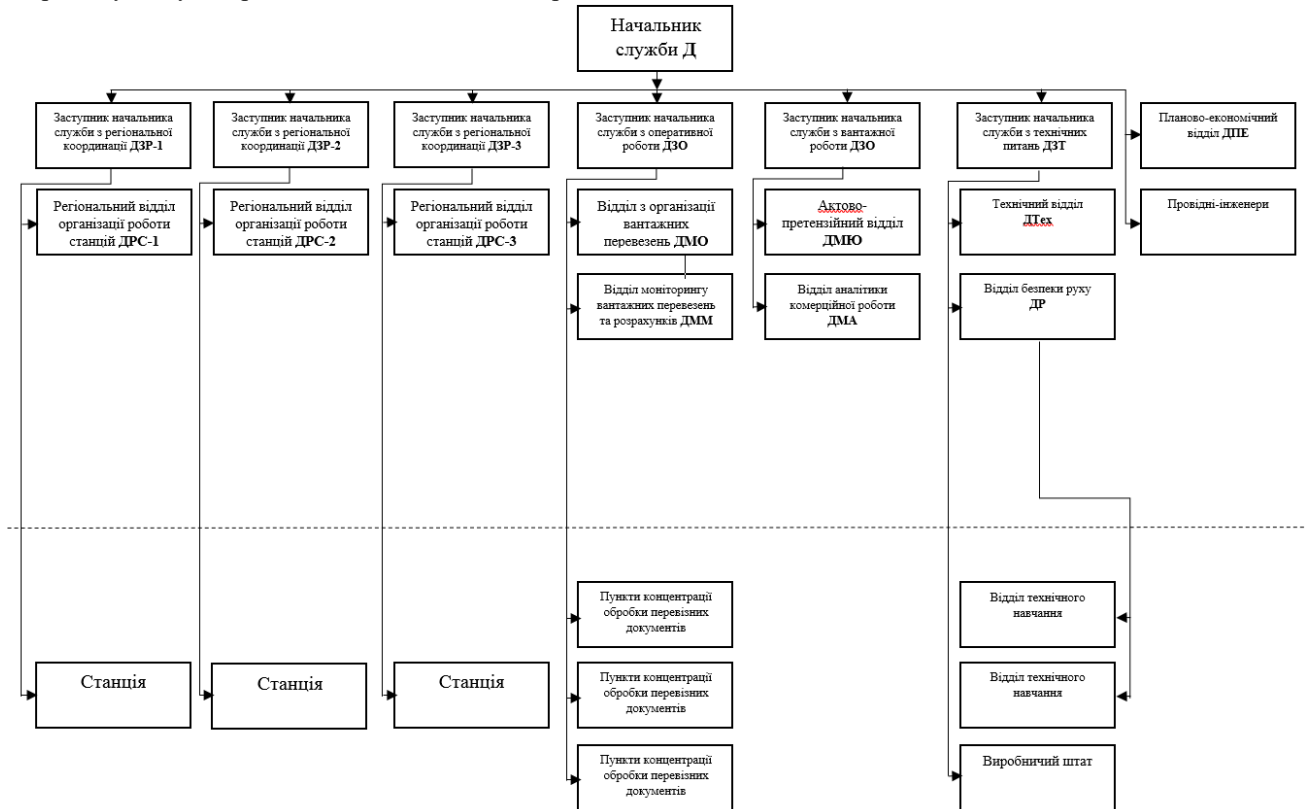


Рис. 2. Організаційна структура виробничого підрозділу «Служба роботи станцій»

Загалом руйнування залізничної інфраструктури можливе через такий ряд причин: природні катаклізми, техногенні катастрофи, транспортні події або проведення воєнних бойових дій. Також можливі варіанти комбінування декількох причин, наприклад підлив Каховської ГЕС 6 липня 2023 року, внаслідок чого стався швидкий відтік води, у результаті якого відбувся сильний зсув земляного полотна на дільниці Кривий-Ріг – Нікополь і закриття цієї дільниці на декілька діб [7].

Кожне руйнування інфраструктури, задля підвищення рівня надійності системи, якості обслуговування пасажирів і зменшення величини економічних витрат, незалежно від вищевказаних причин потребує оперативного управління та швидкої адаптації системи до новостворених умов.

У реальних умовах після руйнування залізничної інфраструктури взаємодія між працівниками, відповідальними за організацію руху поїздів, виглядає так, як показано на рис. 3.

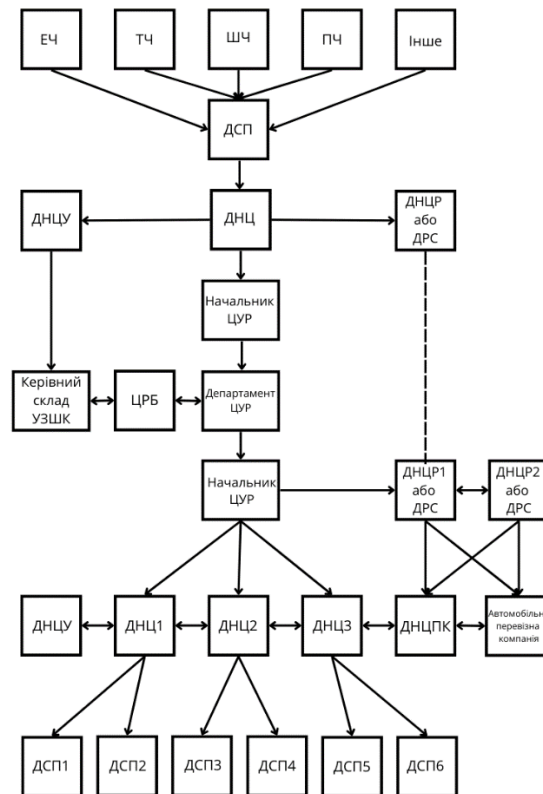


Рис. 3. Схема взаємодії працівників «Служби роботи станцій», ЦУР та УЗШК при руйнуванні залізничної інфраструктури

Першим, хто дізнається про руйнування певного елемента залізничної інфраструктури, може бути як працівник залізниці (представники локомотивного господарства (ТЧ), колійного господарства (ПЧ), електропостачання (ЕЧ), дистанції зв'язку (ШЧ) та ін.), так і певна стороння особа (пасажир, випадковий перехожий тощо). Після цього вхідну інформацію про руйнування певної ділянки інфраструктури передають черговому найближчої станції (ДСП). Отримавши інформацію про руйнування залізничної інфраструктури та її поточний стан, черговий по станції передає поїзному диспетчеру цієї ділянки (ДНЦ). Поїзний диспетчер, отримавши інформацію про задане руйнування залізничної інфраструктури (нестандартну ситуацію) передає її черговому по відділенню (ДНЦР, раніше ДГП) або начальнику регіонального відділу організації роботи станцій (ДРС), керівнику центру управління рухом поїздів (ЦУР), у межах управління якого сталося руйнування інфраструктури, і диспетчеру філії УЗШК (ДНЦУ). ДНЦУ, отримавши вхідну інформацію про руйнування залізничної інфраструктури від ДНЦ, узгоджує порядок подальших дій із власним керівним складом. Начальник ЦУР, отримавши інформацію про руйнування залізничної інфраструктури, передає її в

Департамент ЦУР. Після цього департамент проводить оперативну нараду разом із ревізорським апаратом (ЦРБ) і керівним складом філії УЗШК, де ухвалюють рішення про подальше прямування швидкісного поїзда.

Після ухвалення рішення департамент ЦУР передає його знов начальнику ЦУР, а він залежно від вибраного альтернативного маршруту швидкісного пасажирського поїзда передає вже інформацію тим ДНЦ, ДНЦР або ДРС, ділянки та регіони яких мають бути задіяні.

Якщо ухвалене рішення передбачає використання додаткового поїзда-шатла, то ДРС або ДНЦР додатково зв'язується з диспетчером пасажирської компанії ДНЦПК щодо виділення додаткових пасажирських вагонів для подальшого транспортування пасажирів і поїзними диспетчерами щодо знаходження та виділення додаткового локомотива та локомотивної бригади для створення «поїзда-шатла».

Якщо потрібне залучення автомобільного транспорту, то ДРС або ДНЦР зв'язується з певним виробничим підрозділом, який знаходиться найближче до місця руйнування залізничної інфраструктури та має на своєму балансі автобуси, або найближчим приватним перевізником із вимогою надати декілька автобусів для подальшого

транспортування пасажирів. Після цього всю інформацію, що надійшла, надають поїзним диспетчерам нових задіяних дільниць, а від них – черговим по станціях. Поїзні диспетчери разом із черговими по станціях повинні забезпечити безпечне пропускання альтернативним маршрутом поїзда УЗШК, надаючи йому при цьому найбільшу пріоритетність.

Слід також зазначити, що схема взаємодії працівників, подана на рис. 3, актуальна лише для тих випадків, коли після руйнування залізничної інфраструктури дільницю закривають повністю. У випадку, коли руйнування інфраструктури дає змогу рухатися поїзду дільницею власним ходом неправильною колією або з використанням тепловоза, процес організації подальшого руху значно простіше – без залучення ЦРБ і департаменту ЦУР. Тому в статті сформована автоматизована система надання альтернативних маршрутів для цих випадків не надана.

Проте такий чинний підхід щодо організації руху швидкісного поїзда через велику кількість залучених працівників може займати багато часу, який безпосередньо збільшує величину простою пасажирського поїзда, а отже, і величину додаткових витрат. Для того щоб зменшити величину простою і

1	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1

T_ic+ T_sttl_tep T_sttl_tep T_auto

- Прямування швидкісного поїзда власною тягою
- Прямування «поїздом – шаттлом» із залученням тепловозу
- Прямування «поїздом – шаттлом» із залученням електровозу
- Прямування автобусом

Рис. 4. Кодування видів тяги в бінарному вигляді

Після цього залежно від заданого маршруту прямування швидкісного поїзда створюють початкову популяцію. Далі вказують ділянку маршруту, на якій відбулося руйнування залізничної інфраструктури. Цю ділянку виключають із загальної системи та розпочинають операцію схрещення, за якої система

витрат, впровадження запропонованої автоматизованої технології надання альтернативного маршруту рекомендовано проводити на основі оптимізаційної моделі, сформованої в роботі [8].

Основна мета цієї моделі – знаходження альтернативного маршруту для швидкісного пасажирського поїзда в разі руйнування залізничної інфраструктури залежно від його місцезнаходження, кінцевих і проміжних станцій посадки та висадки пасажирів, а також їх кількості. Окрім того, при побудові альтернативного маршруту моделлю передбачено не лише зміну основного маршруту, а й використання «поїзда-шатла» або автобуса. Оптимальне рішення знаходять на основі апарату генетичних алгоритмів.

Кожен індивід (маршрут) подано як послідовність, де кожен елемент відповідає ділянці маршруту. Значення цього елемента на кожній ділянці може набувати одного з трьох значень: «Поїзд Intercity + (T_ic+)», «Поїзд-шатл (T_sttl)» або «Автобус (T_auto)». У свою чергу поїзд-шатл може набувати двох значень залежно від задіяного виду тяги: «тепловозний» (T_sttl_tep) або «електровозний» (T_sttl_el). У бінарному вигляді це виглядає так, як показано на рис. 4.

почергово, для кожної дільниці, підбирає найкращий варіант щодо виду подальшої тяги (рис. 5). Потім відбувається процес мутації, а отриманий альтернативний маршрут перевіряють на умову мінімуму витрат. Якщо умова виконана, то остаточний результат виводять на монітор.

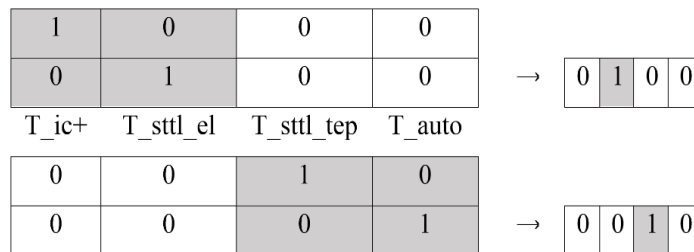


Рис. 5. Процес схрещення елементів ГА

Створений програмний продукт у вигляді системи підтримки прийняття рішень (СППР) рекомендовано встановити на автоматизовані робочі місця поїзних диспетчерів (АРМ ДНЦ) і диспетчера

філії УЗШК. Схема взаємодії працівників «Служби роботи станцій», ЦУР та УЗШК при руйнуванні залізничної інфраструктури після впровадження автоматизованої технології показана на рис. 6.

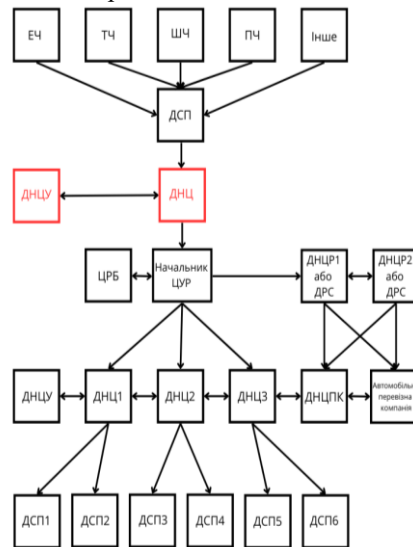


Рис. 6. Схема взаємодії працівників «Служби роботи станцій», ЦУР та УЗШК при руйнуванні залізничної інфраструктури після впровадження автоматизованої технології

Впровадження запропонованої автоматизованої технології дасть змогу відмовитися від проведення оперативних нарад на рівні департаменту ЦУР і ухвалити рішення на рівні ДНЦ і начальника ЦУР. Такий підхід не лише пришвидшить ухвалення оперативного рішення стосовно подальшого руху заданого поїзду, а й зменшить вірогідність людської помилки при цьому.

Висновки

Отже, руйнування залізничної інфраструктури є серйозною проблемою, що має значні соціальні, технічні та економічні наслідки. Незалежно від причини руйнування інфраструктури завжди існує необхідність своєчасного реагування та адаптації системи для зменшення негативних наслідків. Запропонована автоматизована технологія надання альтернативного маршруту швидкісним пасажирським поїздам дасть змогу суттєво скоротити час простою в очікуванні рішення, зменшити вірогідність людської помилки та знайти оптимальне рішення, що підвищить ефективність роботи залізничної інфраструктури в умовах надзвичайних ситуацій.

Список використаних джерел

- Кулешов В. В., Дочія К. В., Оробченко С. А. Удосконалення диспетчерського управління регіональними центрами залізниць в умовах інформатизації. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. Харків: УкрДАЗТ, 2014. Вип. 145. С. 17-23.
- Гайдук Д. А., Буцько Т. В. Удосконалення автоматизованої системи «Надзвичайна ситуація» у взаємодії з АСК ВП УЗ Є для керування рухом поїздів із використанням системи підтримки прийняття рішень. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2024. Т. 29, № 2. С. 3–6.
URL: <https://doi.org/10.18664/ikszt.v29i2.307509> (дата звернення 25.08.2024).
- Формалізація процедури надання альтернативного маршруту швидкісним пасажирським поїздам на основі ризик-менеджменту / Т. В. Буцько та ін. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2023. Т. 28, № 1. С. 31–37.
URL: <https://doi.org/10.18664/ikszt.v28i1.276341> (дата звернення 13.08.2024).
- The ON-TIME real-time railway traffic management framework: A proof-of-concept

- using a scalable standardised data communication architecture / E. Quaglietta et al. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2016. Vol. 63. P. 23–50. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.11.014> (date of access 27.08.2024).
5. Bulková Z., Gašparík J., Zitrický V. The Management of Railway Operations during the Planned Interruption of Railway Infrastructure. *Infrastructures*. 2024. Vol. 9, no. 7. P. 119. URL: <https://doi.org/10.3390/infrastructures9070119> (date of access 27.08.2024).
 6. Козаченко Д. М., Коробйова Р. Г., Левицький І. Ю., Лашков О. В. Експлуатаційна робота залізничних станцій: приклади та задачі / ДІПТ ім. академіка Лазаряна. Дніпропетровськ: ПФ «Стандарт-Сервіс». 2014. 108 с. ISBN 978-966-97463-0-6.
 7. Під Нікополем через підрив Каховської ГЕС просіла залізнична колія. *espresso.tv*. URL: <https://espresso.tv/pid-nikopolem-cherez-pidriv-kakhovskoi-ges-prosila-zaliznichna-koliya> (дата звернення 29.08.2024).
 8. Butko T., Primachenko H., Tarasov K. Formation of alternative routes for passenger trains in the event of non-standard situations. *MATEC Web of Conferences*. 2024. Vol. 390. P. 03003. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/202439003003>.

Tarasov K. O. Improvement of the existing system of operational management of high-speed railway passenger transportation by introducing automated technology for providing alternative routes

Abstract. The article examines the issue of increasing the efficiency of logistics of high-speed passenger trains

through the introduction of automated technology for providing alternative routes, in the conditions of the destruction of the railway infrastructure, which may occur as a result of natural disasters, man-made accidents or military actions. The proposed automated system makes it possible to optimize the decision-making process regarding alternative routes, reducing the risk of human error and reducing the delay time of high-speed passenger trains. The article also analyzes the integration of this system with existing management structures and automated workplaces of train dispatchers (ARM DNC) and its impact on improving the overall efficiency of railway transport in emergency situations.

Keywords: high-speed traffic, passenger transportation, alternative route, decision support system, information technologies.

Tarasov Kirilo Oleksandrovich, aspirant кафедри транспортних систем та логістики, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна. E-mail: kir.tarasov1998@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0001-5976-4169>.

Tarasov Kyrylo Oleksandrovych, graduate student of the department of Transport Systems and Logistics, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: kir.tarasov1998@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0001-5976-4169>.