

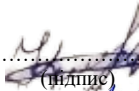
**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
Факультет транспорту та будівництва
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті**

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

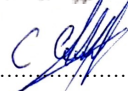
спеціальність 273 «Залізничний транспорт».
освітня програма «Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті»

на тему: «Удосконалення процесу управління рухом поїздів з використанням інформаційних технологій»


Виконав: студент групи ІБЗТ-22зм
Кучеров М.М.


.....
(підпис)

Керівник: доц. Семенов С.О.


.....
(підпис)

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


.....
(підпис)

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ ПРИ ДІЮЧІЙ СИСТЕМІ ВИКОНАННЯ ГРАФІКА РУХУ	9
1.1 Огляд результатів досліджень операційної діяльності залізничного транспорту загального користування України в умовах реформування	9
1.2 Аналіз існуючої процедури складання графіка руху поїздів на залізничній мережі України	17
Висновки до 1 розділу	20
2. ДОСЛІДЖЕННЯ УПРАВЛІННЯ РУХОМ ПОЇЗДІВ	22
2.1 Оцінка обчислювальної складності задачі автоматизації побудови графіка руху поїздів	22
2.2 Вирішення конфліктів між поїздами в межах алгоритму штучних бджолиних колоній	27
Висновки до 2 розділу	30
3. ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОВСЮЖДЕННЯ ЗАТРИМОК ПОЇЗДІВ ТА РОЗРОБКА ПРОЦЕДУРИ АВТОМАТИЗОВАНОГО СКЛАДАННЯ ГРАФІКА РУХУ ПОЇЗДІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ НАПРЯМКУ	32
3.1 Теоретичні передумови розробки методу моделювання розповсюдження затримки у графіку руху поїздів	32
3.2 Розробка методу моделювання розповсюдження затримки поїздів у нормативному графіку руху поїздів	36
3.3 Розробка процедури автоматизованого складання графіка руху поїздів на залізничному напрямку	39
3.4 Процедура дослідження показників роботи залізничного напрямку в умовах зміни інтенсивності поїздопотоків на основі автоматизації розрахунку графіку руху поїздів	48
Висновки до розділу 3	59
ВИСНОВОК	60
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	61
ДОДАТОК А	66

1. АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ ПРИ ДІЮЧІЙ СИСТЕМІ ВИКОНАННЯ ГРАФІКА РУХУ

1.1 Огляд результатів досліджень операційної діяльності залізничного транспорту загального користування України в умовах реформування

На даний час залізничний транспорт України знаходиться в процесі реформування, що здійснюється відповідно до Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010-2019 рр., затвердженої постановою КМУ від 16.12.2009 № 1390 [18] та планів імплементації деяких актів законодавства ЄС у сфері залізничного транспорту, схваленими розпорядженням КМУ від 26.11.2014 № 1148 [19]. Реформування залізничного транспорту України проводиться з метою створення конкурентного середовища на ринку залізничних перевезень за прикладом функціонування провідних країн світу та підвищення ефективності діяльності галузі.

Станом на 2017 рік національним перевізником вантажів та пасажирів на залізничній мережі загального користування є Публічне акціонерне товариство “Українська залізниця” (АТ “Укрзалізниця”). Метою діяльності товариства є задоволення потреб у перевезенні пасажирів та вантажів при забезпеченні безпеки руху та якості перевезень, забезпечення ефективного функціонування та розвитку залізничного транспорту, створення умов для підвищення конкурентоспроможності галузі тощо. Наразі компанія забезпечує 82 % вантажних і майже 50 % пасажирських перевезень, які здійснюються усіма видами транспорту. Загальні активи АТ “Укрзалізниця” складають 270 млрд. грн, - в 2016 р. виплачено 15 млрд грн, що забезпечує 3% ВВП економіки України [20].

Обсяги перевезень залізничним транспортом залежать від стану економіки та обсягів виробництва. Найбільшого обсягу вантажних

перевезень було досягнуто у 2007 році (415,91 млн.т), що видно з гістограми на рис. 1.1. За підсумками 2009 року залізничним транспортом України було перевезено вантажів обсягом 322,22 млн.т (-22,5% до 2007 року) [21]. Одним з факторів скорочення показників залізничних перевезень у 2008 -2009 рр., було зменшення обсягів промислового виробництва. З 2010 р. можна спостерігати підвищення обсягів перевезень, найбільшого обсягу було досягнуто у 2011 р. - 388,72 млн.т.(- 6,5 до 2007 р.). Однак, порівняно з 2013 р.[14, 21, 22], можна зазначити падіння обсягів перевезень залізничним транспортом у 2014 р. на 12%, у 2015 р. - на 21%, що обумовлено зменшенням обсягу експорту (зокрема, зменшення обсягів перевезення залізної та марганцевої руди, чорних металів, прокату у зв'язку з падінням економіки Донбасу), рівнем інфляції (40-43%), нестачею зовнішніх інвестицій, що негативно впливає на формування вантажопотоків в Україні [23].

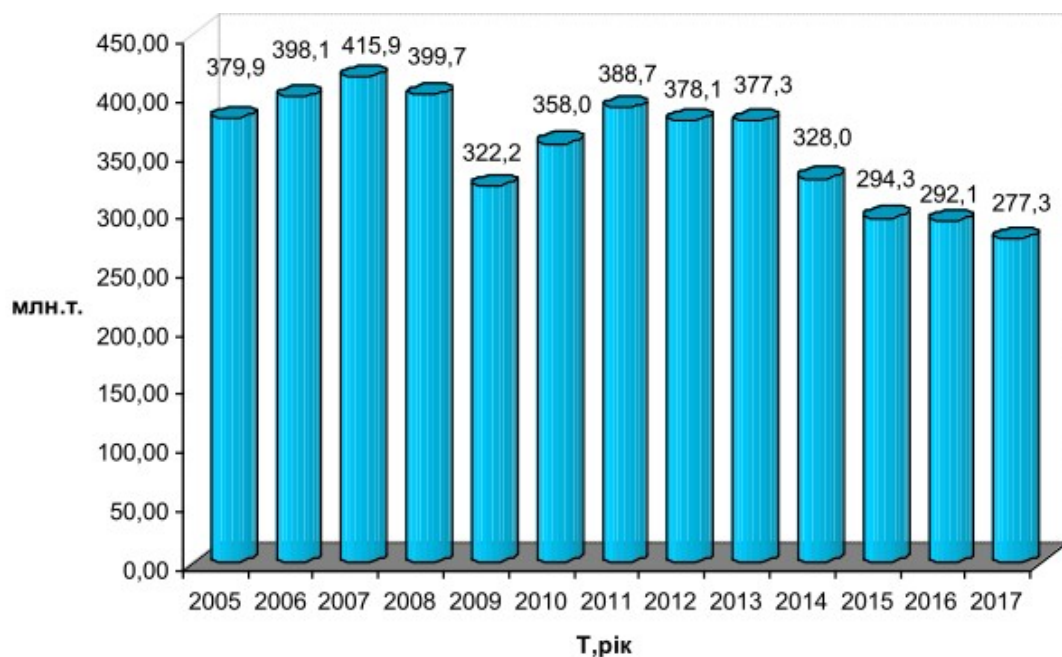


Рис. 1.1 Обсяги перевезень залізничним транспортом України

Падіння обсягів перевезень залізничним транспортом не могло не вплинути на отримання доходів та прибутків АТ “Укрзалізниця”, що представлено на рис. 1.2.

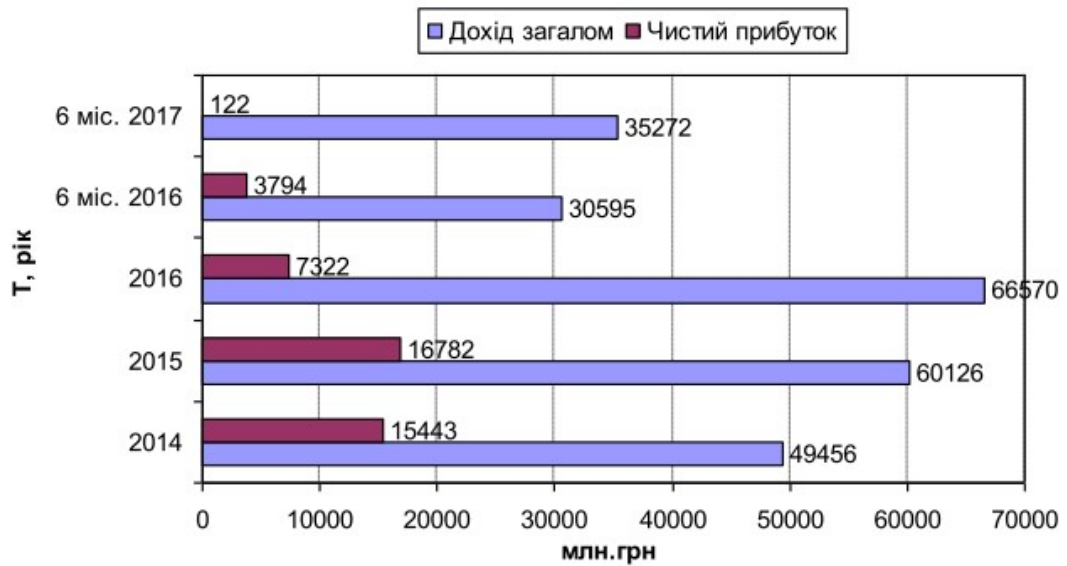


Рис. 1.2 Динаміка зміни доходів та прибутку
АТ “Укрзалізниця” за період 2014-2017 рр.



Рис. 1.3 Динаміка зміни доходів АТ “Укрзалізниця” від вантажних та пасажирських перевезень за період 2014-2017 рр.

Аналіз динаміки зміни доходів АТ “Укрзалізниця” від вантажних та пасажирських перевезень за період 2014-2017рр. свідчить про збитковість пасажирських перевезень, що спричиняє необхідність перехресного

субсидування з доходів вантажних перевезень (рис. 1.3). Показник доходів від вантажних перевезень за 6 місяців 2017 року збільшився на 7,25% від того ж періоду за 2016 рік.

За останні 5 років скорочувались обсяги перевезень залізничним транспортом, в результаті анексії Криму та війни з Російською Федерацією в Донецькій та Луганській областях обсяг вантажних перевезень скоротився на 24% в порівнянні з 2011 роком та спостерігаються значні коливання тарифного вантажообігу за період 2011 - 2016 рр. Можна зробити висновок про зменшення цього показника у внутрішньому сполученні за 2016 до 9% порівняно з 2011 р. та значне зменшення транзитного вантажообігу - до 12% у 2016 р. порівняно з 2011 р.(див. рис. 1.4).

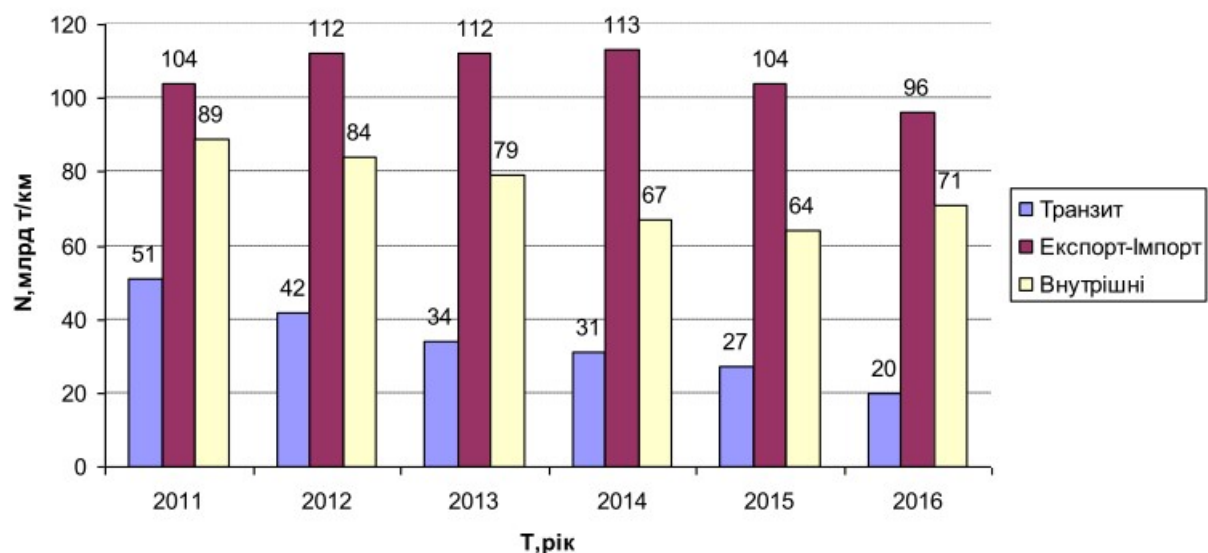


Рис. 1.4 Гістограма розподілу тарифного вантажообігу АТ “Укрзалізниця” за період 2011-2016 рр, млрд.ткм

Погіршується ситуація в операційній діяльності компанії АТ “Укрзалізниця”. Одним із важливих якісних показників роботи залізниць є дільнична швидкість руху поїздів, яка безпосередньо впливає на провізну та пропускну спроможність дільниць та станцій, строки доставки вантажу та собівартість вантажних перевезень [24, 25, 26]. Від неї залежить обіг вагонів та локомотивів, величина робочого парку вагонів та локомотивів. Тому

підвищення дільничної швидкості на дільницях на напрямках є однією з важливих завдань організації руху поїздів на залізничному транспорті [27]. Як видно з діаграми на рис. 1.5, дільнична швидкість зменшується при зменшенні показника поїздо-км (PL), з 2011 року (137,28 поїздо-км) спостерігається падіння обсягів перевезень, а, отже, зменшення кількості поїздо-км: 2012 р. - 135,23 поїздо-км; 2013 р. - 126,84 поїздо-км, за той період показник дільничної швидкості зростає з 38,6 км/год (2011 р.) до 39,5 км/год.

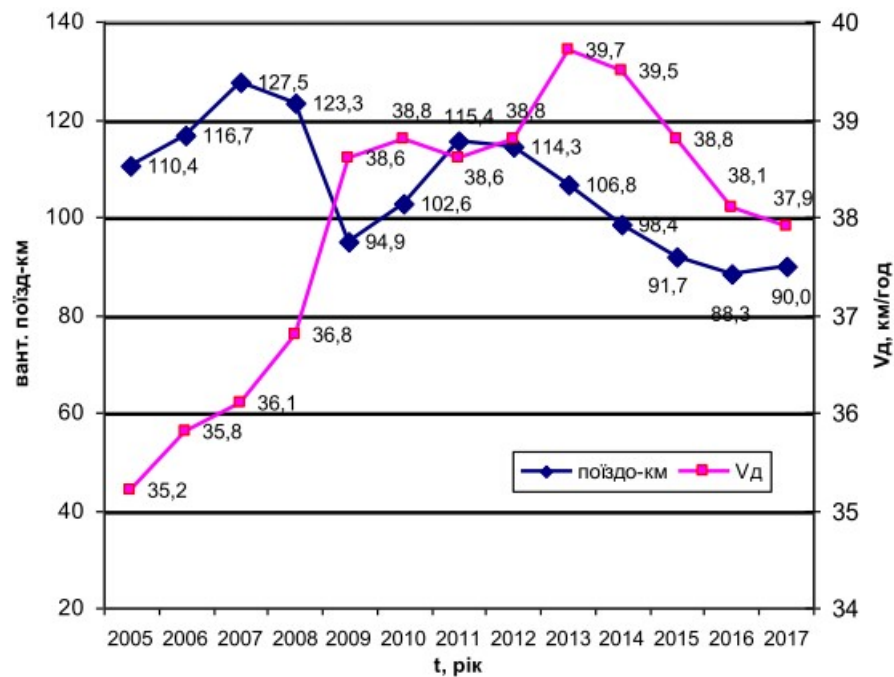


Рис. 1.5 Діаграма залежності дільничної швидкості від кількості виконаних поїздо-кілометрів

Однак у 2015 р. при зменшенні поїздо-км до 104,4 (що менше на 17,7 % до показника 2013 р.), дільнична швидкість також зменшується до 38,8 км/год (або 3% до показника 2013 р.), що негативно позначається на швидкості доставки вантажів до замовників послуг залізничного транспорту та збільшує обіг рухомого складу.

Аналіз ще одного з основних якісних показників залізниць - обігу вантажного вагону свідчить про тенденцію його зростання з 5,85 діб у 2011 році до 9,6 діб у 2016 році, що складає зростання у 1,6 разів (рис. 1.6).

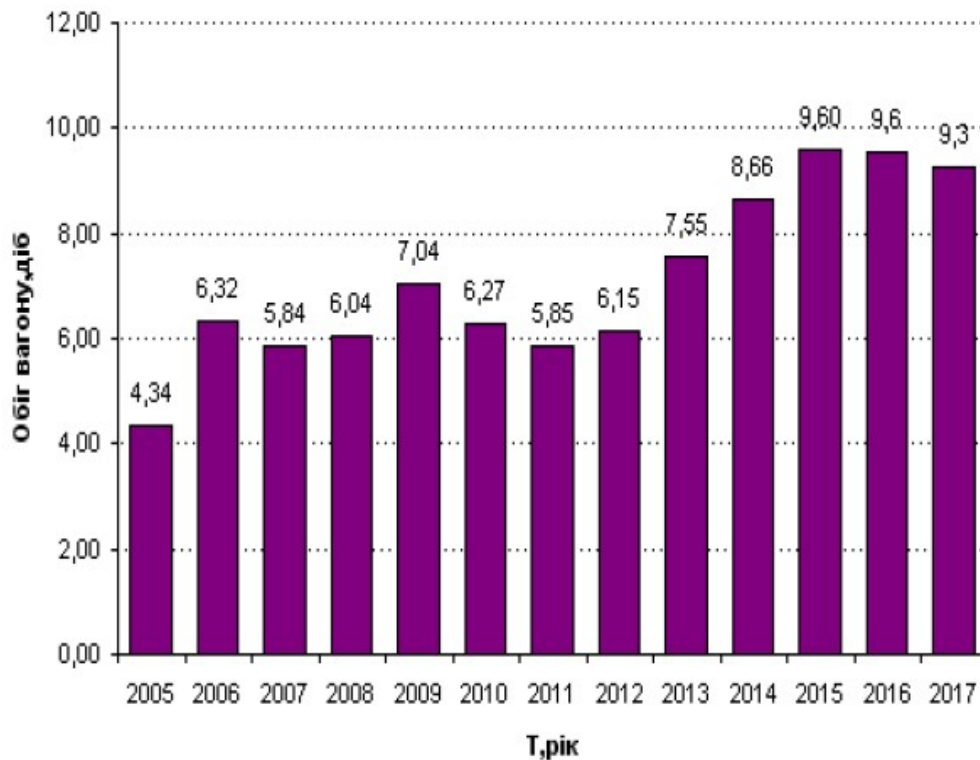


Рис. 1.6 Динаміка показника обігу вантажного вагону на мережі АТ “Укрзалізниця” за період 2011-2017 рр.

Крім проблем в операційній діяльності, існує низка питань, що потребують вирішення, зокрема зношеність вагонного парку залізничного транспорту України добігає 90%, локомотивів - 70-80%, причому динаміка старіння набагато перевищує динаміку відновлення рухомого складу. Зношений рухомий склад та існуючий стан інфраструктури не дозволяє збільшити швидкість руху поїздів. Така ситуація значно впливає на показники, які характеризують конкурентоспроможність залізничного транспорту з точки зору вантажовідправника, зокрема на точність і швидкість доставки вантажів, що створює ситуацію загострення конкуренції та втрати лідируючих позицій порівняно з автомобільним транспортом.

Важливим показником, що впливає на точність та швидкість доставки, також є середня відстань перевезення вантажу, динаміку зміни якої за 2003-2017 рр. представлено на рис. 1.7. З представленої діаграми чітко видно коливання цього показника, однак з 2011 р. спостерігається тенденція до збільшення середньої дальності перевезень вантажів.

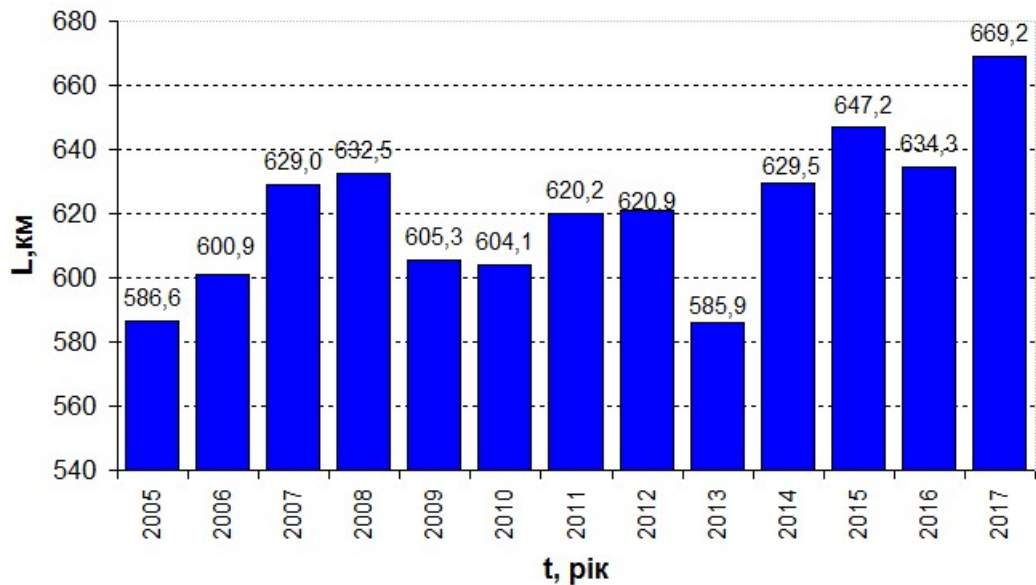


Рис. 1.7 Динаміка показника середньої відстані перевезення вантажів на мережі АТ “Укрзалізниця” за період 2003-2017 рр.

Все важливішими в системі перевезень стають вагонопотоки з великою дальністю перевезень, на мережі АТ “Укрзалізниця” з’явилися виражені залізничні транспортні коридори, так звані залізничні напрямки, на яких концентруються основні обсяги перевезень вантажів. Як показує досвід розвитку залізничних мереж різних країн світу, практика утворення залізничних напрямків за принципом єдиного транспортного коридору є досить поширеною. При цьому залізниці прагнуть повністю задовольнити вимоги клієнтів по строкам доставки вантажів за рахунок розвитку методів високої надійності графіка руху поїздів, який є основою технології перевізного процесу та визначає віртуальний логістичний ланцюг просування

вантажопотоків від пункту відправлення до пункту призначення [28]. Залізниці Західної Європи, США, Канади та Австралії інтенсивно розвивають окремі потенційно конкурентоспроможні залізничні напрямки, а в управлінні перевезеннями дотримуються жорсткого графіка руху всіх категорій поїздів, чітко відстежують його виконання, використовуючи для цього всі ресурси автоматизованих систем управління (GPS, GSM-R, диспетчерська централізація) [29].

Така ситуація збігається зі світовими тенденціями, адже на даний час на залізницях світу склалося дві системи організації просування поїздів на залізничних напрямках, що засновані на різних концепціях виконання графіка руху поїздів. Перша система базується на технології відправлення поїздів за жорстким графіком руху вантажних поїздів. За таких умов технологічною основою роботи залізничних напрямків є відправлення протягом певного періоду часу постійної кількості поїздів з різною нефіксованою їх масою і довжиною. При такій системі середній состав поїзда завжди буде менше максимального, а нерівномірність вагонопотоків освоюють за рахунок допустимої різниці між мінімальною і максимальною величиною состава поїзда. Друга система передбачає відправлення “повновагових” і “повносоставних” поїздів при непостійності їх кількості протягом доби. При цьому поїзди кожного призначення формуються по мірі накопичення составів та відправляють або за найближчою неспеціалізованою ниткою графіка, або за готовністю поїзда (виходячи із міжпоїзного інтервалу). Такий підхід передбачає використання графіка руху поїздів в основному як нормативного документу, а просування вагонопотоків на напрямку здійснюється за диспетчерським розкладом в залежності від поїзного положення, що склалося.

Беручи до уваги наведене вище, можна зробити висновок про необхідність проведення реформування залізничної галузі. Наразі в Україні проводиться підготовка до впровадження Закону України «Про залізничний транспорт» [29] та нової тарифної політики. Наступним етапом є реалізація

моделі часткового вертикального розділення залізничної галузі зі створенням умов рівноправного доступу до залізничної інфраструктури. Цей підхід вимагає переходу до організації перевезень з урахуванням детального планування руху поїзного маршруту відповідно до контрактних умов між перевізником та управляючим інфраструктурою. Одним із напрямків вирішення даної задачі є автоматизація складання графіка руху поїздів на всьому шляху прямування поїзних формувань, що не належать АТ “Укрзалізниця”.

1.3 Аналіз існуючої процедури складання графіка руху поїздів на залізничній мережі України

Графік руху поїздів є основним документом, на основі якого організується експлуатаційна робота всієї залізничної мережі, що складається на календарний рік одночасно для усіх регіональних філій на зимовий період з можливістю корегування на літній період [26, 27]. Розклад пасажирських поїздів, як правило, розробляється на два-три роки. Крім того, повинні складатися варіанти графіка на період значних змін розмірів пасажирського і вантажного руху, планових перерв у русі поїздів.

Порядок та терміни розробки графіка руху поїздів оголошуються АТ “Укрзалізниця”. Причетні Департаменти управління АТ “Укрзалізниця” розглядають і затверджують представлені регіональними філіями матеріали для складання графіка руху поїздів: відомість допустимих швидкостей руху поїздів по перегонам і станціям; схеми розміщення локомотивного парку, дільниць роботи локомотивних бригад і гарантійних пліч обслуговування рухомого складу; завдання за розмірами пасажирського і вантажного руху; норми ваги і довжини поїздів; норми технічної і дільничної швидкості, середньодобового пробігу локомотивів. Графік руху на залізничному напрямку складається по окремим дільницям. Процедура складання графіка руху поїздів на залізничному напрямку передбачає децентралізований

порядок розробки з ув'язкою розкладів руху поїздів між різними дільницями та залізничними підрозділами (регіональні філії). Нитки поїздів, що мають пріоритет - міжнародні пасажирські, наскрізні вантажні тощо, узгоджуються по стиковим станціям регіональних філій на нараді інженерів-технологів зі складання графіка. Після визначення встановлених точок переходу транзитних поїздопотоків між межами залізничних підрозділів на залізничному напрямку здійснюється деталізація ГРП по кожній дільниці з урахуванням дільничних поїздопотоків. За розробку графіка руху на кожній дільниці, що входить в залізничний напрямок, відповідають інженери-технологи зі складання графіка регіональної філії, які працюють у відділі розробки й аналізу графіка руху поїздів.

Зазвичай інженер-технолог зі складання графіка має навички та практичний досвід розробки ГРП на закріпленій за ним дільниці. За таких умов навіть в межах регіональної філії розробка ГРП проводиться послідовно по дільницям з узгодженням наскрізних ниток. Схематична структура складання графіка руху поїздів зображена на рис. 1.8.

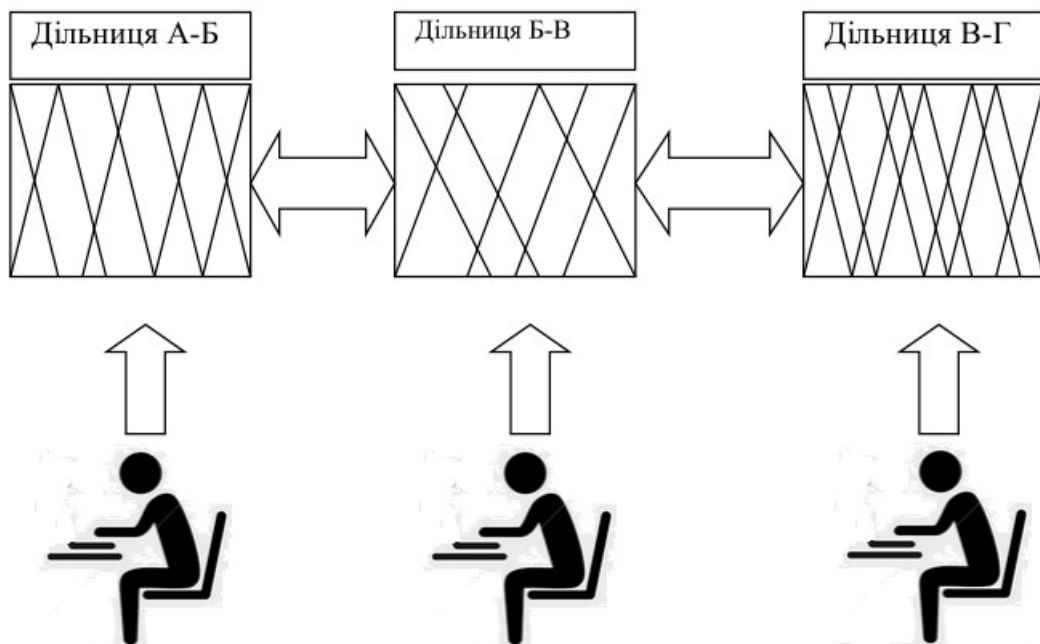


Рис. 1.8 Схеми складання графіка руху поїздів для залізничного напрямку

Прокладання поїздів на графіку відбувається в порядку черговості відповідно до їх категорії. Так, першими на графіку будуть прокладені пасажирські поїзди (швидкісні, швидкі, дальні пасажирські постійного обертання, літні пасажирські, пасажирські разового призначення та далі поїзди більш низьких пріоритетів) згідно до схем їх обігу на даному напрямку. Після цього – вантажні прискорені поїзди, потім – місцеві, та решта вантажних поїздів дільничного потоку.

Порядок розробки графіка руху пасажирських поїздів має ряд відмінностей від розробки графіка вантажних поїздів. Зокрема, великої значущості набуває час відправлення поїздів у період доби, що відповідає попиту пасажирів, що призводить до нерівномірного розподілу ниток графіка на дільниці, врахування сезонного фактору курсування поїздів, наявність поїздів, що змінюють напрямок руху, та розрахунок необхідного резерву часу на вирішення конфліктних ситуацій, що виникають між пасажирськими та вантажними поїздами. Цей резерв розраховується за визначеною методикою [1, 26].

Для створення умов стійкого виконання графіка руху на двоколійних лініях після пропуску 8 - 10 % добової кількості поїздів треба передбачати збільшений на 6 - 8 хвилин інтервал. Наявність такого інтервалу дозволяє скоротити вплив відхилень перегінних часів руху від нормативів на дільничну швидкість вантажних поїздів.

Незважаючи на виділення резервів часу в графіку руху поїздів, попередній аналіз показав значну кількість затриманих поїздів, одними з причин яких є недостатньо оптимальне складання ГРП та взаємовплив поїздів.

На даний час на залізницях України використовується застарілий програмний комплекс АРМ інженера-графіста, який дозволяє лише частково автоматизувати процес побудови графіка руху поїздів на дільниці, що фактично обмежується функціями зберігання даних про заздалегідь

розроблені вручну ГРП та друк нормативних ГРП згідно встановлених форм. Недоліком даної програми є відсутність функцій автоматичної побудови ГРП на дільниці, так само неможливим є автоматично прокласти наскрізні нитки графіка для залізничного напрямку.

Враховуючи наведене вище, можна зробити висновки, що такий експертний підхід до розробки ГРП має ряд недоліків: не здійснюється прив'язка заявки на перевезення до розкладу відправлення поїздів зі станції формування, нормативний графік руху поїздів розробляється без урахування вимог вантажовідправників та вантажоодержувачів, недостатня гнучкість процесу зміни діючого нормативного ГРП, розробка та аналіз ГРП здійснюється без урахування ув'язки маршрутів слідування поїздів на великі відстані.

Як показує досвід діяльності провідних залізниць світу, ці недоліки можна усунути за допомогою впровадження автоматизації процесу складання ГРП залізничних напрямках.

Висновки до 1 розділу

Аналіз умов функціонування залізничного транспорту України при діючій системі виконання ГРП показав велику значимість організації перевезень маршрутних перевезень за розкладом для підвищення конкурентоспроможності залізниць України на ринку перевезень. Рівень виконання графіка руху поїздів впливає на основні якісні показники експлуатаційної роботи залізничного транспорту. На фоні падіння обсягів вантажних перевезень, що скоротилися на 24% у 2017 році в порівнянні з 2011 роком, спостерігається тенденція до збільшення середньої дальності перевезень вантажів. Виявлено негативну тенденцію, за якою у 2017 р. при падінні поїзної роботи до 90 млн. поїздо-кілометрів (що менше на 21,3 % до показника 2012 р.), дільнична швидкість в супереч транспортним залежностям також зменшується до 37,9 км/год (або на 2,3% до показника

2012 р.), що негативно позначається на швидкості доставки вантажів до замовників послуг залізничного транспорту та збільшує обіг рухомого складу. Для зміни ситуації важливим є впровадження автоматизованих технологій розрахунку графіка руху поїздів на залізницях України.

Однією із причин виникнення затримок є вплив поїздів, що слідують із затримкою на інші поїзди на дільниці, який можливо зменшити або взагалі уникнути за рахунок підвищення якості складання нормативного графіка руху поїздів.

Проведений аналіз існуючої процедури складання графіка руху поїздів у АТ “Укрзалізниця” показав, що діюча технологія розробки ГРП на залізницях України заснована на дільничному методі, що виконується в ручному режимі та супроводжується значними витратами часу. Такий підхід не дозволяє знайти раціональний розклад руху поїздів з ув’язкою за дільницями залізничного напрямку. Для вибору раціонального варіанту наскрізного графіка руху поїздів на напрямку необхідним є розробити процедуру автоматизованого розрахунку графіка руху поїздів на залізничному напрямку, що дозволить гарантувати високу достовірність та якість ГРП при заданих максимальних розмірах руху для кожної дільниці в залежності від категорії поїздів, їх поїзних характеристик, технічних та технологічних обмежень інфраструктури.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ УПРАВЛІННЯ РУХОМ ПОЇЗДІВ

2.1 Оцінка обчислювальної складності задачі автоматизації побудови графіка руху поїздів

Проблема побудови графіка руху поїздів є складним і трудомістким завданням у випадку реалізації для реальних залізничних мереж. Задача побудови ГРП головним чином полягає в тому, щоб відшукати для кожного поїзда послідовність прослідування станцій на дільниці з урахуванням вирішення конфліктних ситуацій з іншими поїздами та за умови дотримання експлуатаційних обмежень залізничної інфраструктури. Одночасне прокладання великої кількості поїздів призводить до величезного простору пошуку рішень.

Найбільш складною є задача побудови графіка руху поїздів на одноколіній дільниці. На перший погляд ця задача може здатися не дуже складною і такою, що може бути вирішена перебором всіх можливих варіантів прямування поїздів через дільницю. Дійсно, якщо розглянути задачу, в якій на одному плановому періоді часу два поїзди з різних напрямків повинні проїхати через одну станцію на одноколіній дільниці, виникне лише одна конфліктна ситуація [2, 3]. Рішення цієї конфліктної ситуації відповідає рішенням задачі побудови ГРП. Область рішень такої задачі налічує всього лише два можливих варіанти схрещення (перший поїзд зупиняється на станції, другий - прослідує без зупинки і навпаки). Але якщо збільшувати розмірність задачі (кількість пар поїздів), то можна побачити, що розмір області рішень збільшується дуже швидко.

Якщо представити конфліктну ситуацію з двома варіантами рішення в якості параметра, що характеризує умову прокладання поїздів, який приймає дискретні значення: 1 - поїзд має зупинку при схрещенні або 0 - поїзд не має зупинки, то при кількості конфліктних ситуацій в ГРП, рівній R (мається на увазі сумарну кількість схрещень і обгонів), кількість можливих варіантів графіка руху поїздів визначається за виразом [4, 5].

$$W = 2^R \quad (2.1)$$

У випадку 50 конфліктних ситуацій в ГРП кількість можливих варіантів графіка складає $W = 11,3 \cdot 10^{14}$. Якщо для оцінювання одного варіанту потрібно виконати всього 100 операцій, то загальна обчислювальна робота при швидкості розрахунків комп'ютерних пристроїв 10 млн. операцій за секунду займе близько 400 років. Це доводить, що при великих значеннях R знаходження оптимального графіка простим перебором неможливе навіть при використанні найбільш швидкодіючого пристрою.

У випадку розробки парного одноколісного паралельного графіка для заданої кількості поїздів при неповному використанні пропускнуої спроможності і наявності неідентичних перегонів ця задача не має однозначного рішення, а кількість варіантів W за умови рівномірного розміщення ліній ходу поїздів на графіка представляє собою дуже велике значення. Наприклад, якщо виразити кількість схрещень R наближено через довжину дільниці $L = 250\text{км}$, дільничну швидкість $v = 40\text{км/год}$ та кількість пар поїздів $N=20$, $R=208$.

Побудова ГРП на двоколісній дільниці також є складною задачею. Припустимо, потрібно побудувати максимальний графік, тобто прокласти максимально можливу кількість вантажних поїздів для одного напрямку при заданій кількості пасажирських поїздів $\max N_{\text{вант}}$.

Тоді число варіантів максимального графіка складе $(I_p - 1)$, де I_p - розрахунковий міжпоїзний інтервал для даної дільниці. Це положення не потребує особливого доказу. Якщо змістити розклад першого поїзда на одну хвилину та відповідно всіх наступних поїздів для того, щоб забезпечити дотримання міжпоїзного інтервалу, то буде отримано новий варіант графіка вантажних поїздів. Якщо виконати це $(I_p - 1)$ разів, то можна дійти до вихідного варіанту.

Якщо потрібно побудувати не максимальний варіант графіка, а при заданих розмірах вантажного руху, то

$$W = (I_p - I) \frac{\max N_{\text{вант}}!}{N_{\text{вант}}!(N_{\text{вант}} - N_{\text{вант}})!} \quad (2.2)$$

Вже при $\max N_{\text{вант}} = 25$; $N_{\text{вант}} = 20$; $I_p = 10$ хв можлива кількість варіантів двоколісного графіка складе 50 000. Якщо, наприклад, один варіант такого графіка буде будуватися всього 1 хв, то для перегляду всіх варіантів буде потрібно більше місяця безперервної роботи комп'ютерного пристрою. У цьому контексті постає питання, чи можливо створити точний алгоритм вирішення задачі розрахунку ГРП, з огляду на той факт, що реальні полігони включають тисячі конфліктних ситуацій. З другого боку стрімке зростання області допустимих рішень при збільшенні розміру вхідних даних задачі ще не означає, що для вирішення такої задачі неможливо знайти швидкий алгоритм. Щоб відповісти на це питання, потрібно оцінити теоретичну обчислювальну складність алгоритму вирішення даної задачі. Можливість здійснення таких оцінок надає теорія обчислювальної складності [4-7, 26], яка отримала стрімкий розвиток протягом останніх десятиріч, а з появою сучасних потужних комп'ютерних пристроїв набула великого практичного значення.

Одним з найважливіших понять у цій теорії є визначення важкості задачі, що вирішується. Задачею, що важко вирішується, вважається та, для рішення якої не існує поліноміального алгоритму, тобто алгоритму, у якого часова складність дорівнює $O(p(n))$, де $p(n)$ - поліноміальна функція, n - вхідна довжина.

Для розуміння розв'язання задачі розрахунку ГРП слід визначити, чи можливо вирішити дану задачу за поліноміальний час на детермінованій машині Тьюринга [8, 9, 27] і віднести її до класу P, або розв'язати її

недетермінованими алгоритмами за поліноміальний час і віднести її до класу NP –задач.

В класі NP виділяють NP-повні задачі (англ., NP Complete, NPC) - задачі, які належать до класу NP та будь-які інші задачі з NP, що зводяться до них за поліноміальний час. Цей клас задач привертає особливу увагу, так як всі вони є еквівалентними між собою, тобто для ефективного рішення будь-якої з них достатньо вирішити одну. Також виділяють клас NP -складних задач (англ., NP- Hard). Задача визначається як NP - складна, якщо для неї існує така NP -повна задача, що зводиться до даної задачі за поліноміальний час (алгоритмічне зведення за Куком) [10-12, 28]. На рис. 2.1 наведена графічна інтерпретація взаємного співвідношення класів складності.

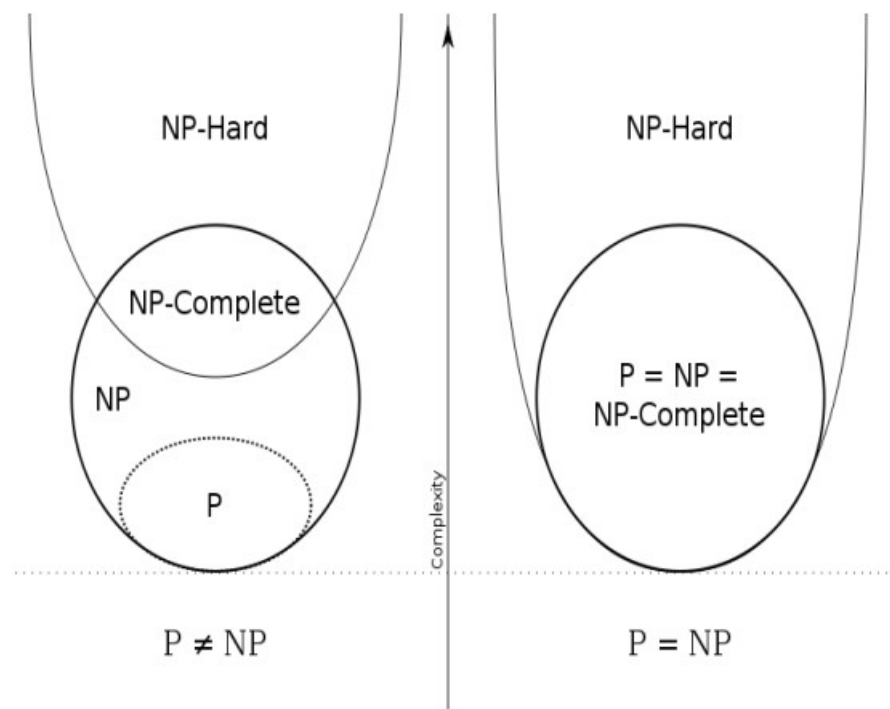


Рис. 2.1 Діаграма взаємного співвідношення класів складності у випадку вірності та хибності гіпотези $P \neq NP$ та $P = NP$

Центральним питанням теорії складності є питання про співпадання класів P та NP . Відповідь на питання про рівність класів P та NP дозволила б

визначити, чи дійсно задачу легше перевірити, ніж вирішити (P не дорівнює NP) або вирішити настільки ж легко, як і перевірити ($P = NP$). На даний момент більшість вчених схиляється до теорії P не дорівнює NP . Тому виходячи із зазначеної нерівності класів в роботі запропоновано довести чи відноситься задача розрахунку ГРП до класу NP - повних задач. Відомо, що якщо визначена хоча б одна NP -повна задача, то процедура доказу NP -повноти інших задач значно спрощується. Для доказу NP -повноти задачі розрахунку ГРП $-P$, де $P \in NP$ достатньо показати, що будь-яка з відомих NP -повних задач P' може бути зведена до P .

Спираючись на доказ NP -повноти задачі за методом звуження, який полягає у встановленні того, що задача розрахунку ГРП включає в якості окремого випадку відому NP -повну задачу, можна стверджувати про належність даної задачі до класу NP . Відомі основні NP -повні задачі, які використовуються найчастіше [11-13, 29, 30]: 3-виконуваність, тривимірне поєднання; верхове покриття; кліка; Гамільтонів цикл; задача розбиття.

Задача розрахунку ГРП може розглядатися як задача теорії розкладів, що підтверджується різними варіантами постановки як задача потокового планування (англ., flow shop) в багатьох роботах [14-16]. В межах різних досліджень доведено [18-20, 29], що задача потокового календарного планування (англ., flow shop) належить до класу NP -повних задач. Так як така задача може бути зведена до однієї із основних NP -повних задач - задачі розбиття [17].

Якщо спростити задачу розрахунку ГРП, то можна розглядати необхідну кількість ниток графіка руху поїздів як задану кінцеву множину A «завдань» в класичній постановці даної задачі, тоді кількість перегонів на дільниці як число $m \in Z^+$ (де Z^+ - множина додатних чисел) «процесорів», час руху поїздів по дільниці можна записати у вигляді множини $l(a) \in Z^+$ для всіх $a \in A$, тобто «тривалість», директивний строк прибуття поїзду на станцію призначення $D \in Z^+$.

$$\max \left\{ \sum_{a \in A_i} I(a) : 1 \leq i \leq m \right\} \leq D \quad (2.3)$$

Таким чином, задача розрахунку ГРП є NP-повною відносно кількості конфліктів у розкладі [2, 10, 11, 21, 30, 42], тобто неможливо побудувати такий алгоритм, час роботи якого зростає не швидше, ніж деякий поліном від розміру вихідних даних.

Відповідно до наведених вище доказів задача розрахунку ГРП навіть теоретично не може мати ефективних алгоритмів, які можуть знайти оптимальне рішення. Методом повного перебору варіантів цю задачу вирішити також неможливо, тому що для цього потрібен колосальний об'єм обчислювальних ресурсів. Отже, немає сенсу витратити зусилля на пошуки таких алгоритмів, які б могли вирішити цю задачу точно, а потрібно розглянути можливості створення такого алгоритму, за допомогою якого можливо було б знаходити ГРП, близький до оптимального, протягом прийняттого часового інтервалу і який можливо було реалізувати у вигляді комп'ютерної програми. Оскільки точне рішення задачі для реального залізничного полігону неможливе, потрібно розглянути можливість застосування евристичних алгоритмів.

2.2 Вирішення конфліктів між поїздами в межах алгоритму штучних бджолиних колоній

Згідно наведеного вище методу ABC в межах розрахунку цільової функції на першому етапі декодування матриці G складається так званий початковий розклад руху поїздів, тобто розклад, в якому можуть бути конфлікти між поїздами (конфлікти першого роду) [1]. Вони можуть виникнути в ситуації, коли на j -тий перегін призначено прямування наступного поїзду за умови, що на цьому перегоні не закінчив прямування попередній поїзд, (рис. 2.2).

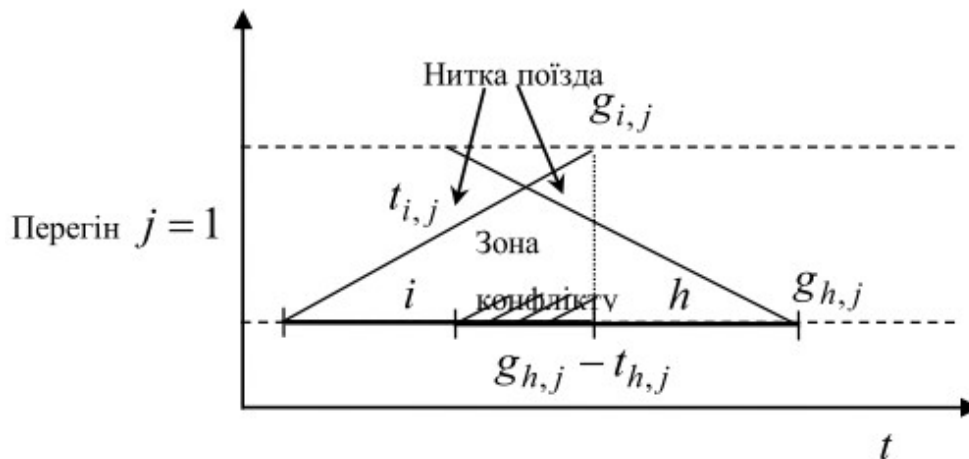


Рис. 2.2 Наявність конфлікту між поїздами

На другому етапі послідовно, починаючи з першого перегону, шляхом перевірки відповідних умов визначається наявність конфлікту між поїздами та здійснюється його вирішення. Для вирішення конфлікту між поїздами в роботі запропоновано використати спосіб розв'язання конфліктів, який полягає в тому, що поїзд, призначений на перегін пізніше, зсувається вправо на величину, при якій зникає конфлікт. Ілюстрація виконання способу вирішення конфлікту між поїздами представлена на рис. 2.3.

На третьому етапі в тому випадку, коли при розв'язанні конфлікту між поїздами на другому етапі виникає ситуація, при якій i -тий поїзд призначено на відправлення на наступний по технології перегін за умови, що не завершено його рух на попередньому перегоні, то виникає конфлікт між перегонами, або конфлікт другого роду. Рис. 2.4 ілюструє виникнення конфлікту між перегонами.

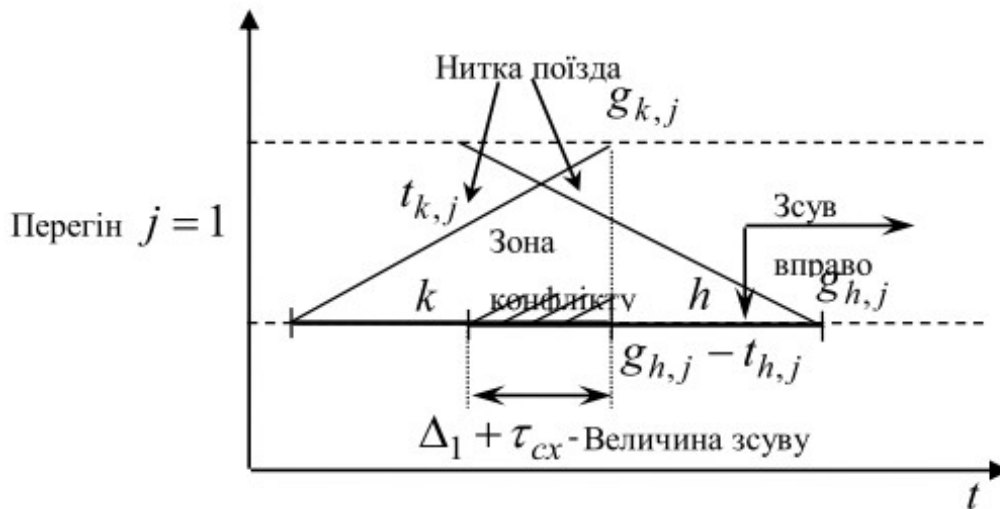


Рис. 2.3 Спосіб вирішення конфлікту між поїздами

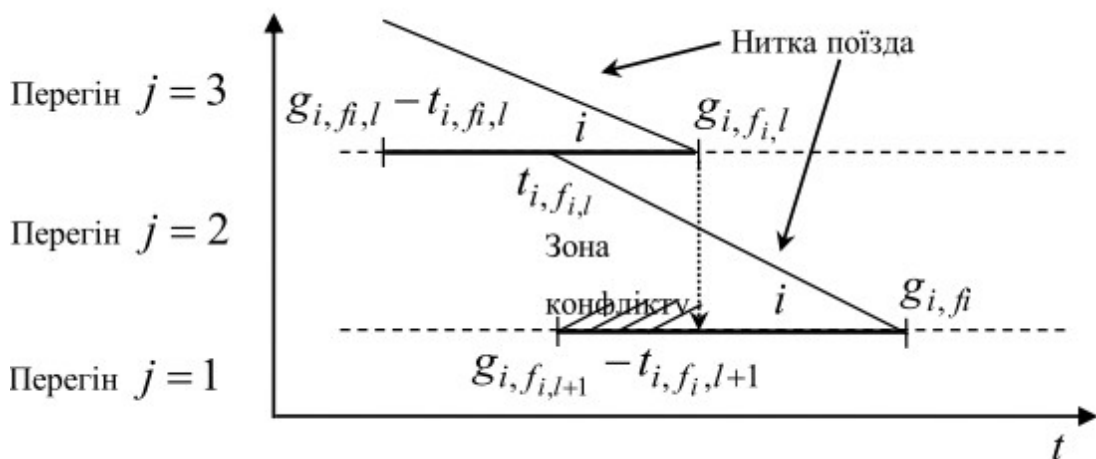


Рис. 2.4 Наявність конфлікту між перегонами

Після знаходження створеного конфлікту між перегонами, він вирішується тим же способом, що і конфлікт між поїздами, на основі зсуву вправо нитки поїзду на $i+1$ етапі її прокладання, на величину, при якій зникає конфлікт та дотримується безперервність ходу поїзда через дільницю. Так як розв'язання конфлікту між перегонами застерігає виникнення нових конфліктів між перегонами, то виконується їх послідовне вирішення. Структурно-функціональну схему процесу вибору активного розкладу для побудови ГРП наведено на рис. 2.5.

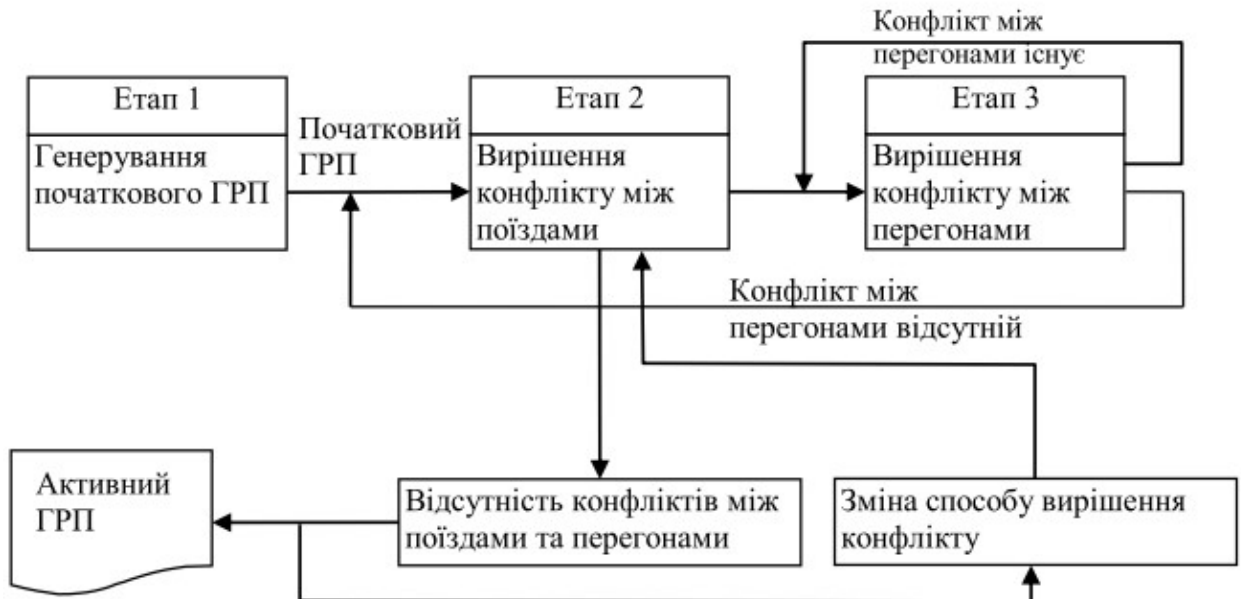


Рис. 2.5 Структурно-функціональна схема процесу вибору активного розкладу для побудови графіка руху поїздів

Процедура виконується до тих пір, поки конфлікт між перегонами не буде вирішено для останньої за послідовністю прокладання нитки поїзду. Отже, після закінчення третього етапу в поточному розкладі відсутні конфлікти між перегонами. Виконується перехід на виконання другого етапу. На другому етапі виконується пошук нових конфліктів між поїздами. Якщо такі конфлікти відсутні, то отримуємо активний розклад - тобто розклад руху поїздів, в якому відсутні одночасно конфлікти між поїздами та перегонами. В протилежному випадку знову вирішується конфлікт між поїздами, та виконується перехід на третій етап для розв'язання конфліктів між перегонами, що виникли.

Висновки до 2 розділу

На основі оцінювання обчислювальної складності задачі розрахунку графіка руху поїздів доведено, що дана задача за методом звуження може бути зведена до задачі розбиття і є NP-повною відносно кількості конфліктів

у розкладі. Задача такого класу навіть теоретично не може мати ефективних алгоритмів, які могли б знайти оптимальне розв'язання. Запропоновано для розв'язання задачі розрахунку ГРП розглянути можливість застосування евристичного алгоритму - алгоритму штучних бджолиних колоній.

Для розв'язання задачі розрахунку раціонального ГРП адаптовано метод мультиагентної оптимізації - алгоритм штучних бджолиних колоній (англ., *Artificial Bee colony Algorithm, ABC*). Розроблено спеціальну процедуру вирішення конфліктів між поїздами в межах алгоритму штучних бджолиних колоній. Побудова ГРП в межах ABC являє собою ітераційний процес, під час якого будується розклад, після чого проводиться імітаційне моделювання розповсюдження випадкових затримок у даному розкладі для визначення сумарних витрат на затримки всіх поїздів. За таким підходом відбувається пошук найбільш прийняттого варіанта нормативного ГРП з урахуванням надійності прямування поїздопотоків через дільницю. Застосування алгоритму ABC при складанні та корегуванні нормативного графіка руху поїздів дозволить в найкоротші строки задовольняти потреби компаній-перевізників щодо розподілення пропускнуої спроможності залізничної мережі з урахуванням обмежень на технічні та технологічні параметри інфраструктури.

Запропонований метод довів ефективність для розв'язання оптимізаційної задачі щодо автоматизованого розрахунку ГРП. Застосування алгоритму ABC для автоматизованого складання нормативного графіка руху поїздів дозволить розробити нові системи підтримки прийняття рішень інженерних працівників, підвищити точність складання ГРП та його ефективність, а також надасть можливість корегування в оперативному порядку при безумовному задоволенні потреб в перевезенні вантажів та пасажирів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Vickerman R. High-speed rail in Europe: experience and issues for future development. *The Annals of Regional Science*, 1997. № 31. P. 21–38.
2. Givoni, M. Development and impact of the Modern High-Speed Train. *Transport Review*. 2006. Vol. 26, No. 5. P. 593–611.
3. International Union of Railways. URL: <https://uic.org/> (дата звернення: 10.09.2023).
4. Economic Analysis of High Speed Rail in Europe / Ginés de Rus, Ignacio Barrón, Javier Campos, etc. Fundación BBVA. Plaza de San Nicolás, 4. 48005 Bilbao, 2009. 140 p.
5. Kerner B. S. Experimental features of self-organization in traffic flow. *Physical Review Letters*. 1998. V. 81, №. 17. 143 p.
6. Kerner B. S. *Introduction to Modern Traffic Flow Theory and Control*. Berlin: Springer, 2009. 278 p.
7. Інструкція з розрахунку наявної пропускної спроможності залізниць України: ЦД 0036. Затв. наказом Укрзалізниці 14.03.2001. № 143/Ц / М-во транспорту України, Держадміністрація залізничного транспорту України, Головне управління перевезень. Київ: Транспорт України, 2002. 375 с.
8. Бутько Т.В., Прохорченко Г.О. Наукові підходи до формалізації процесу автоматизованого складання графіка руху вантажних поїздів. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2012. № 131. С.31-37.
9. Бутько Т.В., Прохорченко А.В., Прохорченко Г.О. Оцінка обчислювальної складності задачі автоматизації розрахунку графіка руху поїздів. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені В.Даля*. 2014. № 3 (210). С.18 -21.
10. Бутько Т.В., Прохорченко Г.О. Формування процедури автоматизації розробки графіка руху поїздів на основі алгоритму штучних

- бджолиних колоній. Збірник наукових праць ДНУЗТ ім.акад.В.Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень». 2015. №9. С.10-15.
11. Прохорченко Г.О., Семененко Р.І. Розробка процедури автоматизованої побудови графіка руху поїздів на залізничному напрямку Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2016. № 165.С. 26-34.
 12. Прохорченко Г.О., Щербацька А.І., Ткачук М.М. Дослідження впливу величини резерву часу на надійність графіка руху швидкісних поїздів. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2017. № 169.С. 205-213.
 13. Butko T., Prokhorchenko A., Golovko T., Prokhorchenko G. Development of the method for modeling the propagation of delays in noncyclic train scheduling on the railroads with mixed traffic. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. №1, Issue 3 (91). P. 30-39. doi: 10.15587/1729-4061.2018.123141.
 14. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010-2019 рр.,затверджена постановою КМУ від 16.12.2009 № 1390. Офіційний вісник України. 2010. № 101 С. 179-189.
 15. Плани імплементації деяких актів законодавства ЄС у сфері залізничного транспорту, схвалені розпорядженням КМУ від 26.11.2014 № 1148. Офіційний вісник України.2014. № 97, С. 150-151.
 16. Офіційний сайт ПАТ «Укрзалізниця». Київ, 2012. URL: http://www.uz.gov.ua/files/file/Strategy_Presentation_fin1.pdf (дата звернення 15.10.2023).
 17. Офіційний сайт ПАТ «Укрзалізниця». Київ, 2012. URL: http://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/general_information/indicators_of_transit (дата звернення 17.10.2023).
 18. Транспорт і зв'язок України-2013: статистичний збірник. Київ, Державна служба статистики України, 2014.221 с.

19. Кушнір Л.В. Аналіз роботи транспорту України за основними показниками. Науковий вісник Херсонського державного університету. 2015. №12. С. 42-47.
20. Данько М.І., Бутько Т.В., Березань О.В., Кулешов В.М., Кулешов В.В., Калашникова Т.Ю., Малахова О.А., Лаврухін О.В., Сіконенко Г.М. Управління експлуатаційною роботою і якістю перевезень на залізничному транспорті: навчальний посібник. Харків: УкрДАЗТ; 2008. 174 с.
21. Інструкція зі складання графіка руху поїздів на залізницях України, затверджена наказом Укрзалізниці від 05.04.2002 № 170-Ц. Чинна від 01.04.2006. Київ: Транспорт України, 2003. 146 с.
22. Бутько Т.В., Ломотько Д.В., Прохорченко А.В., Олійник К.О. Формування логістичної технології просування вантажопотоків за жорсткими нитками графіка руху поїздів. Збірник наукових праць УкрДАЗТ. 2009. №78. С. 71-75.
23. Проведення дослідного автоматизованого розрахунку нормативного графіка руху поїздів на залізничному напрямку (ДР №0113U001032): науково-дослідна робота. Харків: УкрДАЗТ, 2014. 108 с.
24. Про залізничний транспорт України: проект Закону України №7316 від 17.11.2017 р. Дата оновлення: 17.11.2017. URL: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=62929 (дата звернення 30.10.2023).
25. Проведення дослідного автоматизованого розрахунку нормативного графіка руху поїздів на залізничному напрямку (ДР №0111U002236): науково-дослідна робота. Харків: УкрДУЗТ, 2014 р.
26. Удосконалення процедури побудови графіку руху поїздів на основі автоматизації (ДР №0115U006513): науково-дослідна робота. Харків: УкрДУЗТ, 2016 р.

27. Аналіз стану безпеки руху в структурі ПАТ «Укрзалізниця» у 2016 році. Публічне акціонерне товариство «Українська залізниця» Департамент безпеки руху. Київ. 2017. 123 с.
28. Szpigel B. Optimal train scheduling on a single track railway. In Proceedings of IFORS Conference on Operational Research'72.1973.№ 72(6). P. 343-352.
29. Higgins A., Kozan E., Ferreira L. Heuristic techniques for single line trainscheduling. Journal of Heuristics. 1997. №3(1). P.43–62.
30. Oliveira E., Smith B.M. A job-shop scheduling model for the single-track railway scheduling problem. Technical Report University of Leeds, URL: <http://www.opentrack.ch>, 2000(last accessed:16.04.2017).
31. Caprara A., Fischetti M., Toth P. Modeling and solving the train timetabling problem. Operations Research.2002.№ 50(5). P. 851–861.
32. Zhou X., Zhong M. Single-track train timetabling with guaranteed optimality: Branch-and-bound algorithms with enhanced lower bounds. Transportation Research Part B 41.2007. №41.P. 320–341.
33. Zhou X., Zhong M. Bi-criteria train scheduling for high-speed passenger railroad planning applications. European Journal of Operational Research. 2005. №(3). P. 752–771.
34. Caprara A., Fischetti M., Toth P.. Modelling and solving the train timetabling problem. Operations Research. 2002. № 50(5). P. 851-861.
35. Hansen I. A., Pachel J. Railway Timetabling & Operations. Analysis - Modelling - Optimisation - Simulation - Performance Evaluation. Hamburg, 2014. 332 p.
36. Гончаров М.М., Шпакович Р.А. Алгоритм побудови графіка руху поїздів Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". 2008. №.629. С. 146-152.
37. Нестеренко Г. І., Пасічний О. М. Автоматизована розробка і побудова графіків руху поїздів. Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. 2012. №3.С. 87-93.

38. Büker Thorsten, Seybold Bernhard. Stochastic modelling of delay propagation in large networks. *Journal of Rail Transport Planning & Management*.2012. Volume 2. P. 34-50.
39. Yan Fei, Goverde Rob M.P. Stability and Robustness Analysis of Acyclic Timetable. 6th International Conference on Railway Operations Modelling and Analysis. RailTokyo2015, Tokyo. 2015. P.391-350.
40. Kliwer N., Suhl L. A note on the online nature of the railway delay management problem. *Networks*.2011. Volume 57(1). P. 28-37.
41. Schwanhäusser W. Die Besetzung der Pufferzeiten im Fahrplangefüge der Eisenbahn PhD thesis. Veröffentlichungen verkehrswissenschaftl. Institut RWTH Aachen, 20,1974. 56 p.
42. Hansen I. A., Allan J., Brebbia C. A., Hill, R. J. Increase of capacity through optimised timetabling. *Computers in Railways*. 2004. P. 529-538.
43. Kecman, P., Corman, F., Meng, L. Train delay evolution as a stochastic process. *Proceedings of the 6th International Conference on Railway Operations Modelling and Analysis: RailTokyo2015, Tokyo*.2015. P.190-195.
44. Yuan J., Goverde R. M. P., Hansen, I. A. Evaluating stochastic train process time distribution models on the basis of empirical detection data. *WIT Transactions on State of the Art in Science and Engineering*. 2011. №40. P. 95-104.
45. Schwanhäußer W. Leistungsfähigkeit und Kapazität, in: DVWG (Hrsg.): *Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft e.V. DVWG Reihe B: Seminar Bd.1994*. P. 3 -17.
46. Vromans M.J.C.M. Reliability of Railway Systems, PhD thesis. Erasmus University Rotterdam, 2005.258 p.
47. Sipilä Hans. Simulation of rail traffic – Methods for timetable construction, delay modeling and infrastructure evaluation. *Doctoral Thesis in Infrastructure, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm*, 2015. 98 p.

ДОДАТОК А

Перспективи застосування системи управління в умовах інформаційних технологій і якості перевізного процесу

В основі організації і управління експлуатаційною роботою лежать три основоположних і взаємозв'язаних системи: система організації вагонопотоків і роботи технічних станцій; графік руху поїздів як комплексний план експлуатаційної роботи, система технічного нормування роботи мережі залізниць.

При розробці плану формування і графіку руху поїздів ставилися завдання мінімізації необхідних тягових засобів, простоїв локомотивів в пунктах обороту, забезпечення рівномірного, ритмічного підведення поїздів до станцій технічного обслуговування і переробки вагонопотоку на станціях.

Зрештою графік повинен був забезпечити взаємозв'язану роботу станцій, ділянок, локомотивних і вагонних депо, пунктів технічного огляду і інших забезпечуючих служб залізниць.

У свою чергу, адаптація графіка руху поїздів до коливань об'ємів вантажів, що пред'являються до перевезень, часто приводить до необхідності передбачати в ньому резерв розкладів (ниток графіка). На багатьох ділянках і напрямках практична реалізація передбачених в графіку руху ниток складами поїздів не перевищує 50%. У результаті багато закладених в графік рух поїздів ідей не працюють. Як наслідок, ламається, оперативно корегується графік обороту локомотивів і роботи локомотивних бригад, збільшується час простою локомотивів в пунктах обороту і в основних депо, знижується реальна їх продуктивність.

Неодноразові спроби переходу на твердий графік з використанням статистичних, звітних закономірностей поїздоутворення на станціях, успіхом не увінчалися. Цьому процесу відповідала незбалансованість рішень, що приймалися. Так, розкид часу закінчення накопичення поїздів на сортувальних станціях виявився великим і нестабільним. Вирішення цієї

проблеми обмежувалося прагненням мати лише тверде «ядро» графіка, в яке включається лише частина ниток (40-45%). Загальна ситуація при цьому міняється незначно.

У даний час в багатьох ринкових сегментах, як правило високоприбуткових, УЗ працює в умовах зростаючої конкуренції з боку залізничних операторських компаній і інших видів транспорту. В умовах транспортного ринку, що безперервно розвивається, задовольнити конкретного споживача сукупністю пропонованих йому послуг визначає рівень конкурентоздатності, тому якість перевізного процесу належить до найважливіших показників діяльності УЗ і розглядається як економічний критерій, а також є інструментом реалізації цільових параметрів стратегії управління перевізним процесом на основі оптимізації витрат і ринкових вимог до якості перевезень, оптимізації технологічних і управлінських процесів у сфері перевезень.

Перевізна діяльність є основним джерелом прибутків і складає в структурі доходів більше 85%, тому виявлення і освоєння прихованих резервів в технологічних умовах процесу перевезень дозволить: збільшити доходи шляхом підвищення надійності і своєчасності доставки вантажів і пасажирів, задоволення заявок вантажовідправників вантажними ресурсами і максимального використання провізної здатності залізниць; понизити собівартість перевезень на основі зміцнення ролі графіка і плану формування поїздів, вживання економічних критеріїв в управлінні поїзною і вантажною роботою, підвищення повноти, своєчасності і достовірності інформації про хід перевізного процесу, стану інфраструктури і рухомого складу, реалізації системи економічних взаємин всередині господарства і з підрозділами, що забезпечують перевізний процес, оптимізації використання рухомого складу, скорочення непродуктивних витрат.

Для виконання поставлених завдань визначені комплексні критерії, що відображають якість перевізного процесу, як з боку споживачів послуг (клієнтів) - зовнішні, так і внутрішні критерії ефективності перевізної

діяльності.

Основними зовнішніми критеріями оцінки якості перевізного процесу для споживачів послуг залізничних перевезень є: задоволення заявок клієнтів на перевезення; виконання термінів доставки вантажів; виконання розкладу руху пасажирських поїздів; забезпечення збереження вантажів; забезпечення безпеки руху; своєчасне інформування клієнта про перевізний процес; контроль за виконанням договорів на перевезення і ін.

Для виконання зовнішніх критеріїв з належним рівнем якості і економічною ефективністю, що забезпечує рентабельність перевізного процесу, необхідно сконцентрувати увагу на виконанні наступних основних внутрішніх критеріїв: уточненого звідного замовлення на перевезення вантажів; собівартості перевезення; продуктивності вагону; продуктивності локомотиву; умови безпеки руху; статичного навантаження вагону.

Відповідно до груп процесів, передбачених стандартами менеджменту якості, в перевізному процесі розглядаються наступні чотири групи: процеси управлінської діяльності керівництва; процеси забезпечення ресурсами; процеси життєвого циклу продукції; процеси виміру, аналізу і поліпшення.

1) У процеси управлінської діяльності входять:

- організація виконання вимог вантажовідправників і вантажоодержувачів на вантажні перевезення;
- формування політики в області якості перевезень;
- організація планування і регулювання доступу до інфраструктури операторів, власників рухомого складу і перевізників вантажів, пасажирів і вантажобагажу (на основі графіка руху поїздів);
- розподіл відповідальності, повноважень і інформаційної взаємодії між департаментами ЦД і ЦМ і відповідними службами залізниць;
- проведення аналізу і контролю за організацією перевізної діяльності залізниць, виконання об'ємних і якісних завдань бюджету УЗ, виконання графіка руху і плану формування поїздів, нормативів виконання технологічних процесів;

- управління розробкою нормативних документів, що регламентують технологічні процеси перевезень, включаючи графік руху, план формування поїздів, типові технологічні процеси роботи станцій, технологію диспетчерського управління і інформаційного обслуговування руху поїздів.

2) У процеси забезпечення ресурсами входять:

- оптимізація структури контрольованих департаментів, оптимізація підбору і розставляння персоналу, організація роботи по підвищенню кваліфікації співробітників;

- формування цілеспрямованої мотиваційної політики;

- встановлення чіткого взаємозв'язку між формою оплати праці, преміюванням по конкретними результатами діяльності без зрівняльного підходу;

- встановлення критеріїв оцінки якості праці, відомих і зрозумілих кожному працівникові;

- організація і забезпечення ефективного використання пропускних спроможностей інфраструктури і рухливого складу для задоволення потреб в перевезеннях вантажів і пасажирів.

3) У процеси життєвого циклу входять:

- організація розробки нормативних графіка руху і плану формування поїздів;

- організація коректування графіка руху і плану формування поїздів з врахуванням змін розмірів руху і умов пропуску вантажних і пасажирських поїздів;

- організація розробки технологічних процесів, пов'язаних з перевезеннями вантажів і пасажирів;

- організація технічного нормування використання рухливого складу і його коректування з врахуванням поїздовою ситуацією, що динамічно змінюється;

- організація розробки і впровадження інформаційного забезпечення перевезень.

4) У процесі виміру, аналізу і поліпшення входять:

- організація моніторингу основних якісних і кількісних показників перевізного процесу;
- організація контролю технологічної дисципліни; організація аналізу результатів виконання бюджетних завдань по перевезеннях і його забезпечення;
- організація процесів подальшого розвитку господарства комерційної роботи у сфері вантажних перевезень; розвиток господарства перевезень;
- розвиток автоматизованих систем, технічних засобів і інформаційних технологій в області перевезень вантажів; вдосконалення системи оцінки і аналізу перевізної діяльності;
- вдосконалення системи безпеки руху поїздів, охорона праці і підбору кадрів.

В області перевезень вибрані ключові показники якості, на основі яких передбачається забезпечити моніторинг основних показників технологічних етапів перевезень і проводити їх поліпшення. До них відносяться: по зовнішніх критеріях якості - доля відправок, доставлених в строк %; виконання розкладу руху пасажирських поїздів %. По внутрішніх критеріях якості — середньодобова продуктивність вантажного вагону, тис. т-км. нетто/доб; середньодобова продуктивність локомотиву у вантажному русі, тис. т-км.. Вибрані ключові показники якості носять універсальний характер, оскільки охоплюють практично всі сторони діяльності залізниць, і, отже, залежать не лише від результативності перевізного комплексу, але і узгодженості роботи багатьох служб. Вони реально відображають якість використання рухомого складу не лише за часом, але і по потужності, і насправді є комплексними узагальнювальними натуральними показниками якості використання рухливого складу в процесі перевезень. Обидва показники необхідно не лише при річному, але і при оперативному плануванні. Істотне поліпшення цих показників — реальне завдання, вирішення якого направлене на досягнення однієї з ключових стратегічних

цілей розвитку - зниження собівартості перевезень.

У сучасних умовах вдосконалення технології перевезень пов'язане з пошуком нових ефективних рішень, направлених на підвищення якості перевезень, скорочення термінів доставки. При цьому очевидна необхідність нарощування комп'ютерної підтримки організації перевізного процесу, розвитку інформаційних технологій.

Розвиток ринкової економіки в Україні зумовив ряд нововведень на залізничному транспорті. До них відносяться: створення на залізницях України потужної обчислювальної мережі з розвиненими телекомунікаціями, з наявністю необхідного числа терміналів на базі персональних комп'ютерів (АРМ) і впровадженням системи автоматичної ідентифікації рухливого складу, що дозволяє розглядати проблему організації перевізного процесу з якісно нових позицій.

Крім того, виправдано можна ставити і вирішувати задачу корегування часу навантаження, навіть затримки відправлення завантажених вагонів на користь забезпечення повновагості і повносоставності поїздів твердого розкладу. Інтерес клієнтури захищається тут доставкою вантажу точно в термін, що погоджується з нею, доставка прискорюється за рахунок мінімізації часу знаходження на технічних, перш за все, сортувальних станціях. Інтереси залізничного транспорту підкріплюються стабільністю графіка, зниженням об'ємів сортувальної роботи, загальним прискоренням обороту вагону. У результаті контроль за перевезеннями стане осмисленим, а управління - реальним. Пропонована технологія вимагає тіснішої оперативної взаємодії залізниці з клієнтурою. Можливості обчислювальної мережі залізничного транспорту дозволяють реалізувати пропоновану технологію. Сьогодні складати для мережі детермінований план, заснований на заявках клієнтури при існуючих обчислювальних потужностях можливо.