



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

**ДИСПЕТЧЕРСЬКЕ КЕРУВАННЯ
РУХОМ ПОЇЗДІВ НА ШВИДКІСНИХ ТА
ВИСОКОШВИДКІСНИХ МАГІСТРАЛЯХ**

Навчальний посібник

Д 485

Рекомендовано вченою радою Українського державного університету залізничного транспорту як навчальний посібник (витяг з протоколу № 6 від 26 червня 2018 р.)

Рецензенти:

доцент Г. І. Нестеренко (ДНУЗТ ім. академіка В. Лазаряна),
доцент В. І. Мацюк (Державний університет інфраструктури і технологій)

Авторський колектив:

С. В. Панченко, Т. В. Бутько, А. В. Прохорченко,
Л. І. Рибальченко, О. Е. Шандер

Д Диспетчерське керування рухом поїздів на швидкісних та високошвидкісних магістралях: Навч. посібник / С. В. Панченко, Т. В. Бутько, А. В. Прохорченко та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2019. – 153 с., рис. 105.

ISBN 978-617-654-104-2

У навчальному посібнику наведено основні принципи організації руху поїздів на високошвидкісних магістралях (ВШМ), світовий досвід у цьому питанні, системи диспетчерського керування рухом поїздів на ВШМ та існуючі методики розрахунку пропускнуої спроможності ділянок ВШМ.

Розглянуто графік руху високошвидкісних поїздів, його класифікацію, техніко-економічні характеристики. Також увагу приділено роботі диспетчерських центрів керування перевезеннями (ДЦК) на ВШМ, їхній структурі і функціям, регламенту диспетчерського керування рухом високошвидкісних поїздів.

Відображено організацію роботи ліній ВШМ в умовах виділення у графіку руху технологічних «вікон». Автоматизація диспетчерського керування рухом поїздів на ВШМ та програмні комплекси оптимізації графіка руху високошвидкісних поїздів аналізовано у розділах. Розглянуто систему взаємодії ВШМ і звичайних залізничних ліній.

УДК 656.027

ISBN 978-617-654-104-2

© Український державний університет залізничного транспорту, 2019.

Навчальний посібник

Панченко Сергій Володимирович,
Бутько Тетяна Василівна,
Прохорченко Андрій Володимирович
та ін.

**ДИСПЕТЧЕРСЬКЕ КЕРУВАННЯ
РУХОМ ПОЇЗДІВ НА ШВИДКІСНИХ ТА
ВИСОКОШВИДКІСНИХ МАГІСТРАЛЯХ**

Відповідальний за випуск Рибальченко Л. І.

Редактор Третякова К. А.

Підписано до друку 18.06.18 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк. арк. 10,5. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1. Основні принципи організації руху поїздів на ВШМ. Світовий досвід	7
2. Системи диспетчерського керування рухом поїздів на ВШМ	15
3. Існуючі методики розрахунку пропускної спроможності ВШМ	30
3.1. Основи дослідження пропускної спроможності на залізничних дільницях ВШМ з позиції теорії транспортних потоків	30
3.1.1. Визначення понять пропускної спроможності інфраструктури залізниць	34
3.1.2. Аналіз методології і методів розрахунку пропускної спроможності інфраструктури залізниць.....	37
3.2. Коефіцієнт знімання високошвидкісного поїзда в умовах поєданого руху на ВШМ	40
3.3. Практична пропускна спроможність ВШМ. Метод розрахунку практичної пропускної спроможності відповідно до стандарту UIC 406 R.....	44
4. Графік руху високошвидкісних поїздів. Класифікація графіків на ВШМ, їх техніко-економічні характеристики. Світовий досвід.....	50
4.1. Станційні і міжпоїзні інтервали на лініях ВШМ, порядок їхнього розрахунку.....	57
4.1.1. Методики визначення резерву часу (буфера) для розрахунку часу ходу високошвидкісних поїздів..	67
4.2. Теорія і практика розроблення графіка руху на ВШМ. Вихідні дані і порядок складання	69
4.3. Ув'язка схем обороту високошвидкісних поїздів на лініях ВШМ. Графік обороту високошвидкісних поїздів..	73
4.4. Автоматизація побудови графіка руху високошвидкісних поїздів.....	78
4.4.1. Оцінювання обчислювальної складності задачі автоматизації розрахунку графіка руху високошвидкісних поїздів.....	79

4.4.2. Комплекс задач, пов'язаних із розробленням графіка руху поїздів.....	81
4.4.3. Графік руху високошвидкісних поїздів з урахуванням пересадок пасажирів.....	83
4.5. Показники графіка руху поїздів на ВШМ.....	85
5. Диспетчерські центри керування перевезеннями (ДЦК) на ВШМ. Структура і функції. Технологічні процеси функціонування ДЦК. Функції диспетчерського персоналу. Інформаційне забезпечення.....	87
6. Регламент диспетчерського керування рухом високошвидкісних поїздів.....	105
6.1. Регламент диспетчерського управління рухом високошвидкісних поїздів на дільницях залізничних ліній з поєднаним рухом поїздів.....	106
6.2. Регламент дій диспетчерського персоналу при запізненні поїздів і в умовах порушення безпеки руху високошвидкісних поїздів.....	110
7. Організація роботи ліній ВШМ в умовах виділення у графіку руху технологічних «вікон».....	117
8. Автоматизація диспетчерського керування рухом поїздів на ВШМ. Програмні комплекси оптимізації графіка руху високошвидкісних поїздів.....	123
8.1. Автоматизовані системи диспетчерського керування рухом поїздів на ВШМ.....	123
8.2. Програмні комплекси оптимізації графіка руху високошвидкісних поїздів.....	129
9. Система взаємодії ВШМ і звичайних залізничних ліній..	134
Бібліографічний список.....	142
Термінологічний словник	147

ВСТУП

Розвиток конкуренції на ринку перевезень між різними видами транспорту вимагає від залізничного транспорту постійного пошуку більш ефективних механізмів організації перевезень для зменшення операційних витрат, підвищення власної енергоефективності та продуктивності. Одним із основних механізмів підвищення ефективності операційної діяльності залізничної компанії є автоматизація процесів диспетчеризації перевезень. Особливої актуальності набуває створення якісної системи управління рухом поїздів в умовах впровадження на залізницях України швидкісного руху пасажирських поїздів. За таких умов вивчення сучасних напрямів автоматизації диспетчеризації руху поїздів на високошвидкісних магістралях світу, змін у структурі систем диспетчерського керування в умовах підвищення швидкості руху поїздів є важливим для науки та практики в галузі залізничного транспорту України.

Даний навчальний посібник увібрав до себе знання, отримані авторами під час стажування на залізницях Франції, та призначений для вивчення дисципліни «Організація швидкісних та високошвидкісних перевезень» для спеціальностей «Організація міжнародних перевезень», «Організація митного контролю», «Організація перевезень і управління на транспорті», «Транспортний сервіс, право та логістика» за напрямом 275 Транспортні технології (на залізничному транспорті) за другим (магістерським) рівнем вищої освіти в Українському державному університеті залізничного транспорту.

Базою для вивчення дисципліни «Організація швидкісних та високошвидкісних перевезень» є знання теорії транспортних процесів і систем, теорії систем керування, інформаційних систем і технологій та знання, отримані в результаті вивчення дисципліни «Управління експлуатаційною роботою».

У процесі вивчення даного посібника і дисципліни в цілому студенти набувають комплексних знань, необхідних для удосконалення технологій диспетчерського керування рухом поїздів на високошвидкісних магістралях (ВШМ); умінь використовувати загальні принципи, способи та методи

диспетчерського керування рухом поїздів на ВШМ; застосовувати методи розрахунку пропускної спроможності ліній ВШМ; опановують навички організації функціонування диспетчерських центрів керування.

Навчальний посібник рекомендовано для студентів транспортних закладів вищої освіти за спеціальностями напряму 275 Транспортні технології, а також для працівників залізничного транспорту, що займаються питаннями диспетчеризації руху поїздів.

1. Основні принципи організації руху поїздів на ВШМ. Світовий досвід

Світовий досвід впровадження швидкісного і високошвидкісного руху пасажирських поїздів базується на двох напрямках розвитку, так званих японському та французькому [1, 2]. У першому варіанті розвитку топологія мережі орієнтована на високий попит, при якому реалізуються перевезення близько 100 000 пасажирів на день завдяки високій густоті населення і концентрації економічної діяльності вздовж залізничних ліній (Японія, Китай, Південна Корея, Тайвань). Другий варіант розвитку ґрунтується на мінімізації вартості, тобто орієнтований на більш низькі капітальні та експлуатаційні витрати (Франція, Німеччина, Італія).

На концептуальному рівні розвитку мереж високошвидкісних магістралей (англ. High Speed Rail, або HSR) можна виділити кілька підходів. До перших віднесено відокремлений розвиток топології мережі, тобто лінії ВШМ повністю ізолюються від загальної залізничної мережі (Японія, Іспанія). Другий напрямок передбачає розвиток розгалуженої мережі спеціалізованих ліній, на яких поїзди здатні розвивати швидкість 250-300 км/год з можливістю часткової взаємодії зі звичайною мережею (Франція). Останній напрям є найбільш економічним і припускає змішаний варіант розвитку мережі швидкісних сполучень на основі модернізації існуючих залізничних ліній для можливості руху пасажирських поїздів до 200 км/год (Німеччина, Італія). Даний підхід передбачає застосування пасажирських поїздів, які здатні рухатися по лініях звичайної залізничної мережі.

Комерційний успіх високошвидкісних мереж світу ґрунтується на зменшенні тривалості поїздки (до 3 годин в дорозі), що дозволяє конкурувати з автомобільним та авіаційним транспортом. Високошвидкісні залізниці вигідніші, ніж звичайні, якщо не враховувати вартість будівництва інфраструктури. Причиною є те, що багато експлуатаційних витрат, наприклад штат, мають фіксовані витрати на годину, в той час як дохід від квитка базується на відстані. Пасажири також платять більше за високу швидкість. Таким чином, експлуатаційне відношення

доходу і вартості більше для високошвидкісних систем, а отже, якщо існує потенційний попит на перевезення, то доходи будуть випереджати витрати [3].

Загалом є три типи залізничної інфраструктури залежно від дозволеної швидкості ліній, хоча на даний момент не існує абсолютного визначення категорій залізниці.

Класичні лінії – це залізничні лінії зі швидкістю до 160 км/год. Як правило, це стандартні залізниці змішаного типу перевезень, переважно вантажних, а максимальна швидкість на них часто набагато нижче теоретичної максимальної швидкості пасажирського рухомого складу. Робоча швидкість може бути оптимізована для вантажних перевезень, якщо вони домінують у змішаному типі перевезень.

По всій Європі максимальна швидкість вантажного рухомого складу становить 120 км/год, хоча на практиці вона менше 100 км/год. Якщо пропускна спроможність обмежена і вантажні поїзди рухаються з меншою швидкістю, часто є недоцільним забезпечення великих швидкостей для пасажирських ліній, оскільки вони не підлягають інтенсивній експлуатації.

Високошвидкісні залізничні лінії (також називаються Lignes Grande Vitesse, або швидкісні лінії LGV) визначаються Міжнародним союзом залізниць (МСЗ) і ЄС як стандартні, з дозволеною максимальною швидкістю понад 200 км/год, або як нові лінії, з передбаченою максимальною швидкістю понад 250 км/год. Всі високошвидкісні залізничні лінії LGV Великобританії, Франції, Німеччини, Бельгії, Нідерландів, Іспанії та Італії, прокладені протягом останніх 30 років, мають проектну швидкість лінії 300 км/год або більше.

За нормативами ЄС, високошвидкісні лінії включають до себе:

- спеціально побудовані швидкісні лінії, які оснащені інфраструктурою для реалізації швидкостей, що дорівнюють або більше 250 км/год;
- спеціально модернізовані швидкісні лінії, які оснащені інфраструктурою для реалізації швидкостей близько 200 км/год;
- спеціально модернізовані швидкісні лінії, що мають особливі характеристики в результаті топографічних, рельєфних

або будівельних обмежень, на яких швидкість повинна адаптуватися у кожному окремому випадку.

Ці лінії використовуються виключно для денних перевезень швидкісними пасажирськими поїздами з відносно низьким навантаженням на вісь, а рух поїздів вночі відсутній. На високошвидкісних лініях зазвичай немає вантажних перевезень, але є поодинокі випадки легких, наприклад, пошти і посилок, вантажних перевезень, які створюють навантаження на вісь спільно з пасажирськими поїздами і виконуються на цих залізничних лініях.

Лінії LGV спеціально розроблені для конкретних швидкісних можливостей поїздів, використовують їх та огорожені по всій протяжності для запобігання несанкціонованому доступу, без переїздів чи іншого відкритого доступу. Є дві основні концепції конструкції колії.

1. Конструкція LGV Франції зазвичай передбачає колії, прокладені близько до існуючої позначки землі, з керівним ухилом до 30 % і невеликою кількістю тунелів.

2. Німецькі та італійські норми проектування у цілому вважають кращим в різних рівнях, що вимагає великої кількості земляних робіт і тунелів, особливо в гірських місцевостях. Обидві методології передбачають ретельну охорону навколишнього середовища з шумоізоляції і наявність неглибоких тунелів, щоб укрити залізничну колію у міських або вразливих навколишніх середовищах.

Високошвидкісні магістралі, як правило, обслуговують звичайні вокзали в центрі міста з уведенням в них нових колій, так що останні кілька кілометрів маршруту можуть долатися на відносно низькій швидкості. Деякі нові вокзали будуються за межами міста, найчастіше у випадках, коли залізнична магістраль перетинає автомагістралі або проходить повз аеропорт, щоб створити потенціал для взаємодії видів транспорту.

Більшість європейських мереж знаходяться у межах Шенгенської зони, і тому немає жодної необхідності в поділі потоків пасажирів і формальному проведенні митних процедур. При необхідності митні формальності здійснюються у поїзді, коли він знаходиться в дорозі, хоча для сполучення через тунель під Ла-Маншем із Франції до Великобританії оформлення

митних та іміграційних процедур повинно відбуватися на станції відправлення перед відправленням (точно так само, як і при подорожі літаком). Цікаво відзначити, що французькі та англійські митники спільно працюють по обидві сторони з'єднання через тунель на головних залізничних вокзалах.

За дослідженнями [4], розрізняють чотири типи експлуатаційних моделей, які можуть бути ідентифіковані в різних високошвидкісних залізничних системах, що в даний час працюють по всьому світу, і їхньому зв'язку зі звичайними залізничними системами.

Перша, ексклюзивна, модель експлуатації (англ. *exclusive exploitation model*) характеризується повним відділенням від традиційних послуг (рис. 1.1). Ця модель використовується в Японії, де основною причиною розвитку системи високошвидкісної залізниці було те, що звичайні лінії досягли своїх меж потужності. Однією з основних переваг даної моделі є те, що перевізні ринки як HSR, так і традиційних послуг повністю незалежні.

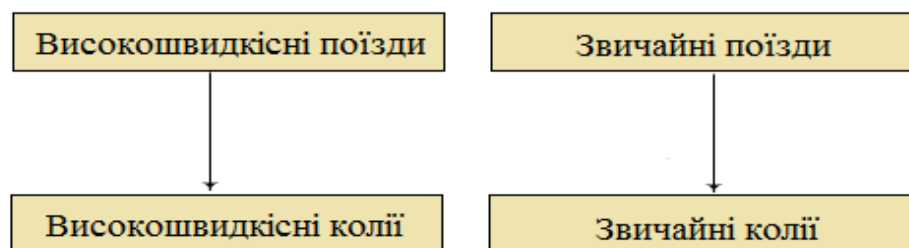


Рис. 1.1. Ексклюзивна модель експлуатації та її взаємодія із традиційними (англ. *conventional*) лініями

Друга модель, наведена на рис. 1.2, є змішаною високошвидкісною моделлю, в якій швидкісний поїзд може працювати на спеціально побудованих нових лініях або на модернізованих сегментах звичайних ліній, для зниження витрат на будівництво. Ця модель відповідає французькій системі TGV (*Train à Grande Vitesse*), у якій високошвидкісні поїзди в основному не тільки прямують по нових високошвидкісних лініях, а й використовуються на звичайних лініях у районах, де дублювання було недоцільним (при підходах до вокзалів у центрі міста). Така модель знижує витрати на будівництво, що є однією з головних переваг цієї моделі.

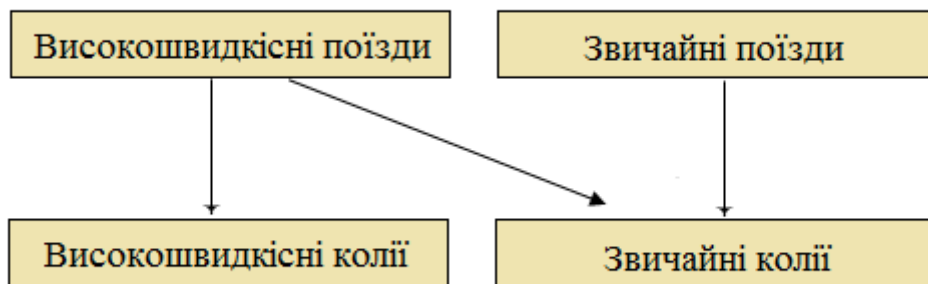


Рис. 1.2. Змішана високошвидкісна модель експлуатації та її взаємодія з традиційними (англ. conventional) лініями

Третя модель експлуатації, змішана традиційна (англ. mixed conventional model), прийнята в іспанській залізничній системі, дозволяє пропуск деяких звичайних поїздів по високошвидкісних залізничних лініях (рис. 1.3). Основними її перевагами є зменшення витрат від підвищення продуктивності звичайних поїздів без значних впливів на рух високошвидкісних поїздів, а також гнучкість для надання посередницьких послуг високошвидкісних перевезень за визначеними маршрутами. Прикладом даної моделі може бути використання на залізницях Іспанії поїздів TALGO з розсувними колісними парами. Такі поїзди можуть використовуватися на лініях з різною шириною колії. Звичайний пасажирський поїзд TALGO може виходити на спеціалізовані високошвидкісні магістралі, реалізуючи на них більшу швидкість, ніж на традиційних лініях, але меншу за поріг швидкості, на якому йдуть високошвидкісні поїзди.

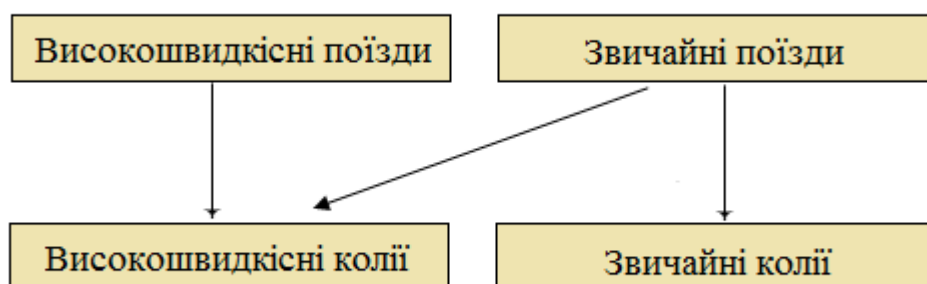


Рис. 1.3. Змішана звичайна модель експлуатації та її взаємодія з традиційними (англ. conventional) лініями

Четверта модель, повністю змішана (англ. fully mixed model), передбачає використання високошвидкісних і звичайних поїздів на інфраструктурі один одного. Ця модель використовується для німецької системи ICE, де високошвидкісні поїзди застосовують модернізовані звичайні лінії, а вантажні поїзди – резервну пропускну спроможність на високошвидкісних лініях у нічний час. На рис. 1.4 наведена динаміка зміни частоти і режиму використання пропускну спроможності за добу на високошвидкісній лінії Ганновер–Вюрцбург.

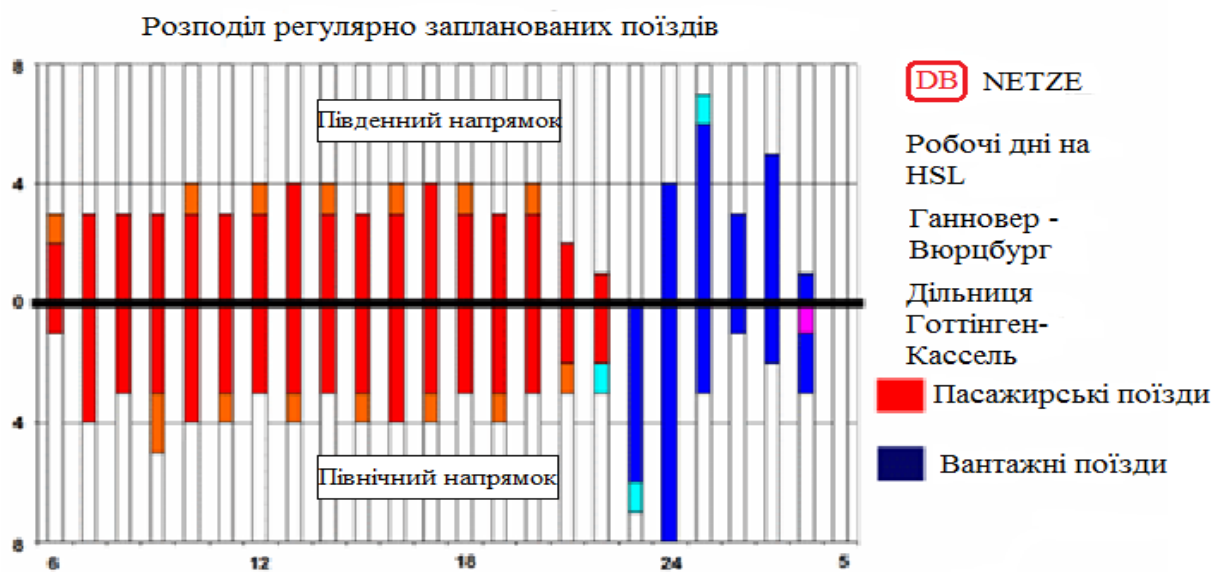


Рис. 1.4. Частота і режим роботи за добу на високошвидкісній лінії Hannover – Wuerzburg

Хоча ця модель може знизити витрати на будівництво, але витрати на технічне обслуговування значно вище і можуть привести до зниження пропускну спроможності лінії у зв'язку з використанням поїздів з великою різницею швидкостей руху на лініях. На рис. 1.5 зображена схема функціонування повністю змішаної моделі експлуатації та її взаємодія з традиційними (англ. conventional) лініями.

Кожна з вищеповисаних моделей експлуатації має свої переваги і недоліки. Ексклюзивна та змішана моделі дозволяють більш інтенсивно застосовувати HSR інфраструктуру, в той час як інші моделі повинні враховувати, що (за винятком

багатоколійних дільниць ліній) повільні поїзди займають більше часу для проходження дільниці, а це зменшує можливості для надання HSR послуги (рис. 1.6).

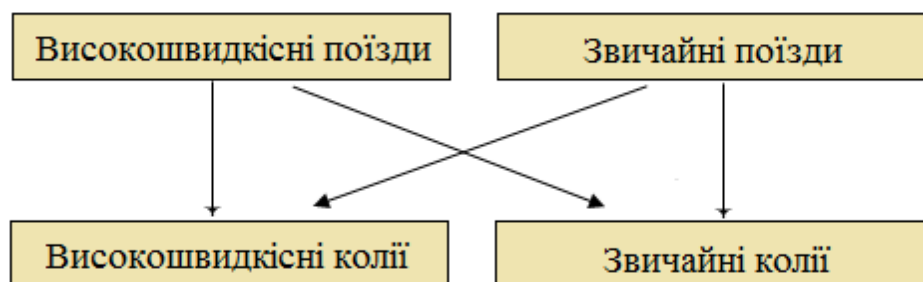


Рис. 1.5. Повністю змішана модель експлуатації та її взаємодія з традиційними (англ. conventional) лініями

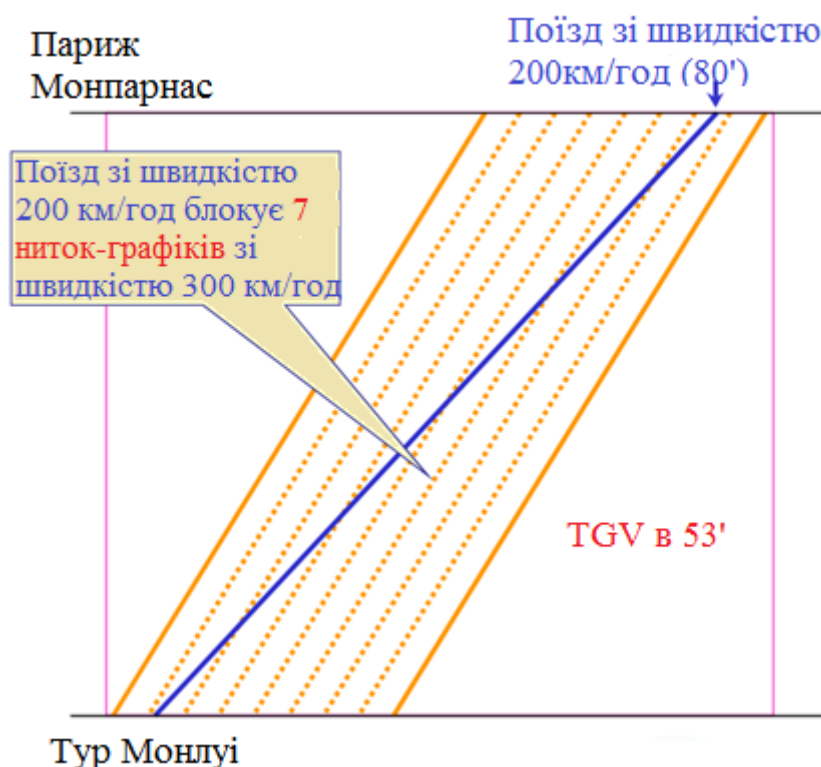


Рис. 1.6. Схематичне зображення використання пропускнуої спроможності звичайним пасажирським поїздом на лінії обігу високошвидкісних поїздів

При виборі конкретної моделі експлуатації рішення залежить від порівняння вартості будівництва (і підтримки) нової

інфраструктури з витратами на модернізацію (і підтримку) звичайної мережі. Обрана модель буде визначати можливість рівня послуг, які повинні бути надані при використанні високошвидкісних поїздів, та обмеження руху, з яким вони зіткнуться, і в кінцевому рахунку впливу на загальні будівельні й експлуатаційні витрати і вигоди, отримані від діяльності таких послуг.

Контрольні питання

1. У чому полягає вигідність високошвидкісних залізниць у порівнянні із звичайними?
2. Які типи ліній називають класичними?
3. Які існують моделі експлуатації?
4. Дайте визначення терміна «змішана традиційна модель експлуатації».
5. Дайте визначення терміна «повністю змішана модель експлуатації».
6. Дайте визначення терміна «ексклюзивна модель експлуатації».
7. Дайте визначення терміна «класичні лінії».
8. Дайте визначення терміна «високошвидкісні лінії».
9. Що включають до себе високошвидкісні лінії згідно з нормативами ЄС?
10. Від чого залежить вибір конкретної моделі експлуатації?

2. Системи диспетчерського керування рухом поїздів на ВШМ

Рух поїздів на залізничному транспорті відноситься до складних об'єктів керування. Це обумовлено розподіленими в просторі об'єктами керування при великій їхній кількості, наявністю рухомих об'єктів, що переміщуються у просторі, часто з випадковим характером вихідних параметрів і необхідністю швидкого прийняття рішення з високою відповідальністю за безпеку керованого процесу [1]. В системі керування процесом перевезень диспетчер включений до кола керування роботою дільниці залізниці. Обмежені психофізіологічні можливості людини – диспетчера знижують пропускну спроможність всієї системи.

Система диспетчерського керування (СДК) рухом поїздів відноситься до складних систем з ієрархічною структурою керування, основними характеристиками якої є:

- наявність замкнених підсистем з явно вираженими локальними властивостями;
- існування глобального критерію оптимальності для системи в цілому і приватних (локальних) критеріїв для окремих підсистем;
- ієрархічність структури керування із встановленими рівнями підпорядкованості (право втручання у дію будь-якої системи має тільки система вищого рівня);
- тісний інформаційний зв'язок між підсистемами, а також між всією системою і взаємодіючими з нею іншими системами цього або вищого ієрархічного рівня (більш високі рівні керування мають справу з більшими підсистемами і ширшими аспектами поведінки всієї системи в цілому, тобто чим вище рівень, тим більше складність відображення об'єкта керування і довше приймається рішення);
- наявність людини-оператора в складі практично кожної підсистеми (часто замкнутість підсистем здійснюється через людину, яка приймає рішення).

Головною причиною появи ієрархії у системі диспетчерського керування є невідповідність між складністю об'єкта керування і здатністю керуючого органу охопити та

переробити інформацію про об'єкт з необхідною точністю у заданий час. Дійсно, будь-який складний виробничий процес вимагає своєчасного формування узгоджених з іншими процесами правильних рішень, що ведуть до мети.

Система диспетчерського керування покликана забезпечити безперебійний і безпечний рух поїздів із заданою пропускнуою спроможністю дільниці диспетчерського керування. Це вимагає збалансованого планування всіх пересувань і знаходження кожного поїзда в процесі виконання графіка руху поїздів (ГРП) під постійним контролем і керуванням СДК. Для успішного вирішення поставлених завдань необхідна раціональна організація СДК і забезпечення її технічними засобами збору, передачі й обробки інформації, виконання покладених на неї функцій [2].

Найважливішим завданням побудови оптимальної структури керування є вибір функціональної організації системи з подальшим поділом її на більш дрібні елементи з їхнім раціональним групуванням залежно від використовуваних методів і засобів для вирішення конкретного завдання. Другим завданням, що вимагає вирішення після вибору функціональної структури, є вибір набору функцій та алгоритмів їхньої реалізації у кожній з підсистем для отримання мінімуму витрат (коштів, часу) на досягнення цілей системи.

Оперативне диспетчерське керування призначене для реалізації руху запланованих у ГРП поїздів з метою забезпечення їхньої безпеки, економічності і точності виконання ГРП. Безпека досягається виконанням встановлених норм, іноді навіть на шкоду іншим вимогам.

У всьому світі система диспетчерського керування рухом поїздів на залізничній мережі має ієрархічну структуру відповідно до функціонального призначення (рис. 2.1) і географічного розподілу на мережі [3].

Диспетчери на оперативному рівні в центрах керування рухом контролюють залізничну мережу і регулюють ситуації, що виникають після затримки, збоїв, перерв у роботі або аналогічних незапланованих подій. Рішення диспетчерів направляються у віддалені центри керування рухом зазвичай по телефону [4].

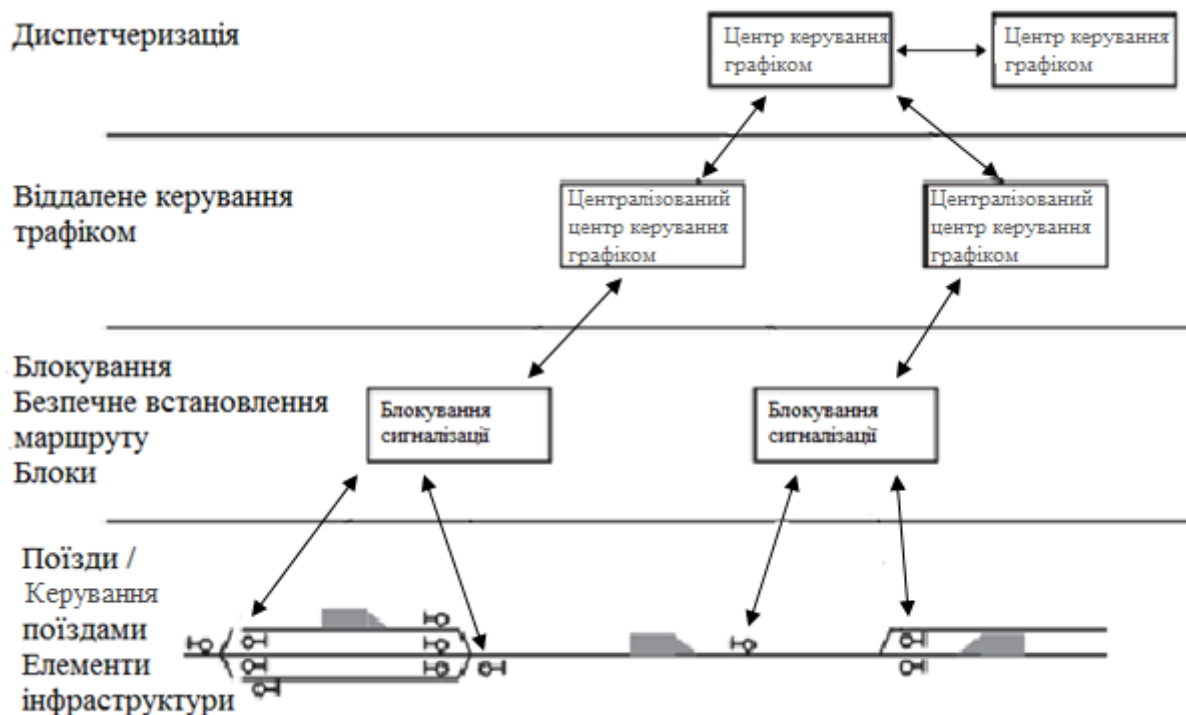


Рис. 2.1. Ієрархічна структура системи диспетчерського керування рухом поїздів

На фізичному рівні виконується збір інформації про рух поїздів (система ідентифікації знаходження поїзда). Ця інформація обробляється системами блокування і сигналізації з метою надання інформації в оперативний інформаційний рівень про позицію і швидкості поїздів, статус блок-ділянок між сигналами, а також статус стрілок і сигналів.

Оперативний інформаційний рівень зберігає прогноз руху поїздів. Цей прогноз повинен бути оновлений на основі динамічних змін, що відбуваються на фізичному рівні, і (в цьому контексті) таких статичних даних, як інформація про прибуття і відправлення поїздів, даних мережевої інфраструктури або характеристик динаміки руху поїзда.

Нарешті, на контрольному рівні диспетчер спостерігає на своєму автоматизованому робочому місці передбачуваний прогноз руху поїздів і приймає управлінські рішення, засновані на його досвіді. Ці рішення потім повинні бути переведені в такі дії керування, як переведення стрілок, відкриття сигналів і приготування маршрутів для руху поїздів. Якщо диспетчерське

розпорядження впливає на графік руху поїздів, то оперативний розклад (на інформаційному рівні) має бути оновлено відповідним чином[5].

В умовах підвищення швидкостей руху поїздів системи диспетчерського керування рухом поїздів створюються на основі принципів централізації функцій диспетчеризації і контролю рухом поїздів, з можливістю розподілу функцій керування у вигляді ієрархічної структури (рис. 2.2).

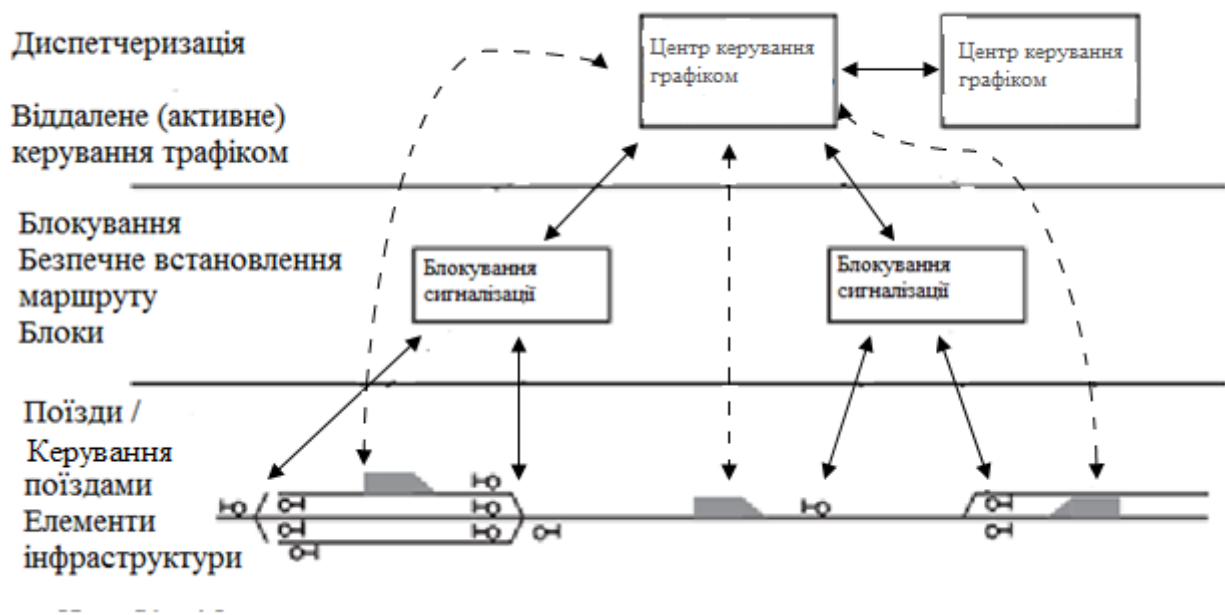


Рис. 2.2. Схема системи диспетчерського керування рухом поїздів на основі принципів централізації функцій диспетчеризації і контролю за рухом поїздів

Однією з важливих характеристик будь-якої складної системи керування є оптимальне поєднання принципів «централізації» і «децентралізації» [3], які повинні реалізуватися у системі диспетчерського керування.

На залізниці України станом на 2018 рік функціонує чотирирівнева структура систем диспетчерського керування [10]:

- на національному рівні – диспетчеризація Департаментом керування рухом (ЦД) ПАТ «Укрзалізниця»;
- на регіональному - службами перевезень (Д);
- у межах територіального поділу регіональних філій ПАТ «Укрзалізниця» – дирекції залізничних перевезень (ДН), які

в своїй структурі мають диспетчерський апарат, зокрема поїзних диспетчерів (ДНЦ), що здійснюють керування рухом поїздів на дільницях у межах дирекцій і станціях через чергових по станції, які реалізують диспетчеризацію на лінійному рівні.

Однак досвід побудови диспетчерських центрів керування (ДЦК) на регіональних філіях Донецької залізниці (на даний час ДЦУ знаходиться в окупованому місті Донецьк) та Південної залізниці (на даний час діє у місті Харків) ПАТ УЗ дозволяє вважати можливим існування трирівневої системи диспетчерського керування, що передбачає об'єднання на рівні служби перевезень у межах ДЦУ всього диспетчерського апарату дирекцій.

З точки зору виконуваних функцій, інформаційного забезпечення і ступеня централізації керування, варіант з чотирма рівнями керування є витратним і призводить до значних втрат часу при прийнятті рішень. Сучасні засоби передачі інформації, цифрові оптоволоконні лінії зв'язку дозволяють забезпечити оперативний і диспетчерський персонал необхідною інформацією на вищих рівнях без втрати швидкості та безпеки. Практика механічного переміщення коштів керування з рівня ДН на рівень регіональних філій без змін функцій системи диспетчерського керування відповідає сучасним тенденціям світової практики удосконалення диспетчеризації[15].

Таким чином, розглянуті варіанти побудови структури системи диспетчерського управління рівнозначні за функціями й ефективністю керування технологічними процесами, але значно різняться обсягом технічних засобів і способами передачі та обробки інформації, пов'язаної із забезпеченням безперебійності і безпеки перевізного процесу. В умовах керування рухом на високошвидкісних залізничних лініях найбільш ефективним є варіант з меншою кількістю рівнів керування – СДК дво- або трирівневі.

Прикладом успішності трансформації просторової структури системи диспетчерського керування рухом поїздів є залізниці Франції та Німеччини [6,19]. Слід констатувати, хоч топології залізничних мереж даних країн є різними, так, у Франції – моноцентрична структура, а у Німеччини – поліцентрична, однак трансформація просторової структури

системи диспетчерського керування рухом відбувається за однаковим принципом – концентрація керування у межах регіональних підмереж на базі операційних центрів. Концепція регіональних диспетчерських центрів передбачає з'єднання інформаційно-керуючих систем і систем СЦБ, а також концентрацію в одному місці – регіональному диспетчерському центрі – таких основних завдань управління експлуатаційним процесом, як планування, диспетчерське регулювання та оперативне керування [7].

Залізнична мережа Німеччини, що керується компанією DB Netz AG (менеджер інфраструктури), поділена на сім регіональних областей. Кожна з цих регіональних підмереж управляється операційним центром (нім. Betriebszentrale, BZ). У Німеччині система диспетчерських центрів має ієрархічну структуру [19]. За таким принципом на мережевому (національному) рівні сім регіональних BZ підпорядковуються Центру керування мережею (нім. Netzleitzentrale, або NLZ), що розташований у Франкфурті-на-Майні (див. рис. 2.3).

Завдання семи операційних центрів полягає у тому, щоб виконувати диспетчеризацію руху поїздів у відповідній підмережі DB Netz AG з єдиного центру та об'єднати виконання і контроль низки операцій на регіональному рівні. Наприклад, операційний центр (BZ) є також контактним пунктом для центрів керування компаній-перевізників (англ. RU), коли вони потребують інформації щодо купівлі маршрутів для своїх поїзних формувань, які проходять через зону контролю відповідного регіону.

В основі створення BZ є централізація диспетчеризації з впровадженням диспетчерської централізації (ДЦ) для всіх об'єктів управління мережею (лінії, вузли, станції). Багато уваги приділяється централізації на основі автоматизації контролю технічної справності всіх пристроїв СЦБ у відповідній регіональній зоні. Компанія DB Netz AG поступово переходить до дворівневої системи диспетчерського управління, роблячи ставку на сучасні системи диспетчерської централізації, які передбачають віддалене управління стрілками і сигналами в усьому регіоні відповідальності BZ.



Рис. 2.3. Зони диспетчерського керування на залізницях Німеччини (7 регіональних операційних центрів)

У своїй роботі Центр керування мережею бере на себе відповідальність за всіма завданнями, що пов'язані з плануванням і координацією руху всіх поїздів на мережі DB Netz AG. Фото будівлі Центру керування мережею та ВЗ у Франкфурті-на-Майні наведено на рис. 2.4.

На рис. 2.5 наведено фото робочих місць диспетчерського персоналу в будівлі Netzleitzentrale.

Окрім операційного центру у Франкфурті-на-Майні (RB Mitte), розташовано операційний центр у Мюнхені (див. рис. 2.6-2.7), який відповідає за диспетчерський район (RB) Південь, що приблизно дорівнює державним кордонам Баварії, п'ять інших операційних центрів знаходяться у Ганновері (RB Nord), Дуйсбурзі (RB West), Карлсруе (RB Südwest), Берліні (RB Ost) та Лейпцигу (RB Südost). Залізнична мапа з розташування семи операційних центрів та Центру керування мережею наведена на рис. 2.8.



Рис. 2.4. Фото будівлі Центру керування мережею та ВЗ у Франкфурті-на-Майні



Рис. 2.5. Фото робочих місць диспетчерського персоналу в будівлі Netzleitzentrale



Рис. 2.6. Фото сучасної будівлі регіонального диспетчерського центру у Німеччині (м. Мюнхен)

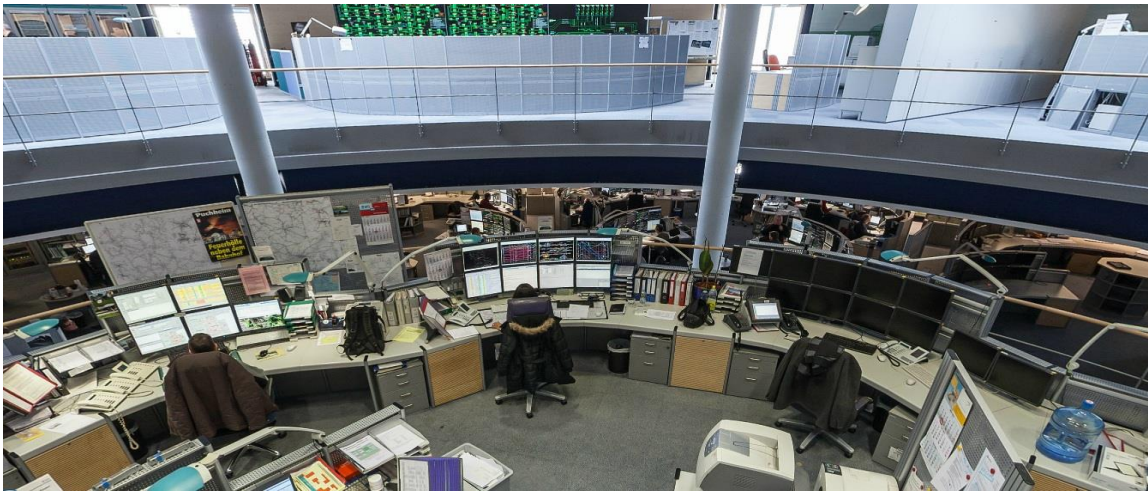


Рис. 2.7. Фото організації простору у будівлі регіонального диспетчерського центру у Німеччині (м. Мюнхен)

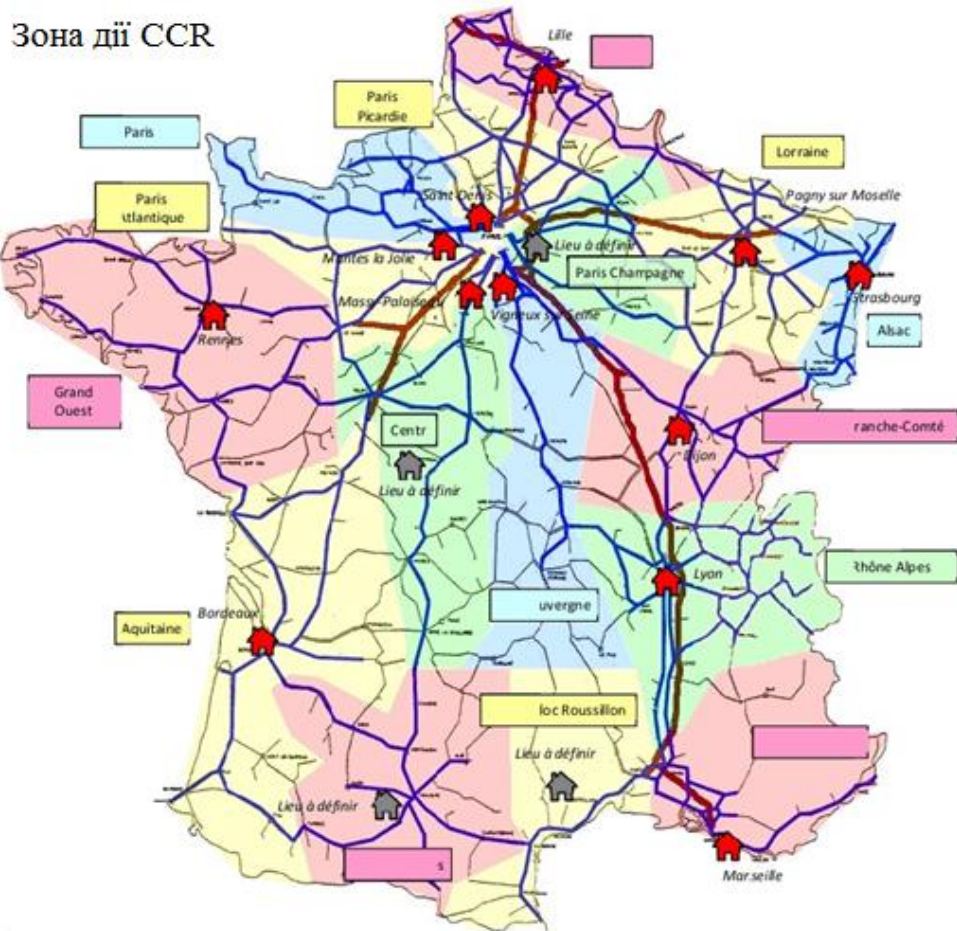


Рис. 2.8. Зони управління CCR на мережі залізниць Франції

Для реалізації автоматизації диспетчеризації у мережі диспетчерських центрів було розроблено масштабне програмне забезпечення, що вводилось у кілька етапів під назвою Gesamtsystem BZ 2000. Автоматизація підтримує усі функції диспетчеризації, від переведення стрілок і відкриття сигналів до контролю координат руху поїзда, автоматичного ведення виконаного графіка руху поїздів з ув'язкою з автоматизованою системою розроблення нормативного графіка руху тощо.

Впроваджуючи дворівневу систему диспетчерського керування на основі регіональних операційних центрів, DB Netz AG сподівається зменшити витрати на операційну діяльність. Концентрація керування, окрім значної економії на кількості персоналу, вимагає великих капіталовкладень, підтримка автоматизованих систем також потребує значних витрат. До переваг слід віднести підвищення швидкості прийняття рішень.

Відсутність лінійного рівня призводить до більшої тривалості затримок у випадках збоїв при русі поїздів. У Німеччині збої виникають досить часто, бо на мережі у багатьох випадках присутній цілодобовий рух із значним вантажним поїздопоток. Слід зазначити, на залізничних лініях, де відсутнє або відбувається значне падіння інтенсивності руху поїздів у нічний час, без проблем можна зменшити значні витрати на персонал.

На залізницях Франції реалізовується дворівнева система диспетчерського керування, яка має національний і регіональний рівні. На національному рівні функціонує Національний центр залізничних операцій (франц. Le Centre National des Opérations Ferroviaires, CNOF), тоді як на регіональному рівні запропоновано створити 16 центрів управління мережею (франц. la Commande Centralisée du Réseau, CCR), які несуть відповідальність за оперативне керування на регіональному рівні. Зони керування CCR на мережі залізниць Франції наведені на рис. 2.8.

З огляду на те, що в ЄС різні системи диспетчерського керування, було запропоновано реалізовувати єдину систему, яка отримала назву ERTMS (European Rail Traffic Management System – Європейська система керування рухом поїздів), до якої входять такі компоненти:

- **GSM-R** (Global System for Mobile Communications-Railway) – безпроводна комунікаційна платформа для залізниць, реалізована на основі GSM. Призначена для зв'язку поїздів з центрами керування, а також забезпечення роботи додатків, керування трафіком; гарантує зв'язок при швидкості руху до 500 км / год;

- **ETCS** (European Train Control System) – Європейська система керування рухом поїздів. Система автоматичної зупинки поїзда (інтервал руху поїздів або "блок") ETCS другого рівня дозволяє мати сигналізацію в кабіні і, отже, вимагає встановлення на інфраструктурі радіомаяків, щоб визначити положення транспортних засобів, а також GSM-R для передачі даних; дозволяє збільшити розтягнення до 30 % для деяких країн з блоком обмеження по довжині; зберігає здатність сегментів, оснащених автоматичним світлоблокуванням або TVM (передача «колія-кабіна поїзда» або «машиніст-поїзд»), для інших країн;

- **ETML** (European Traffic Management Layer) – рівень оперативного керування призначений для оптимізації руху поїздів за «інтелектуальною» інтерпретацією графіків і поточних даних поїздів; включає до себе покращення: керування поїздами і маршрутами, планування у режимі реального часу.

Типова функціональна структура системи керування рухом поїздів відображується на рис. 2.9.

З огляду на високу швидкість руху поїздів на ВШМ необхідний високий рівень централізації керування. Тому для керування ВШМ створюються диспетчерські центри з обладнанням на лінії диспетчерської централізації. Наприклад, в Японії для керування рухом поїздів існує Єдиний диспетчерський центр керування JR (рис. 2.10). Із застосуванням спеціального системного обладнання, встановленого у диспетчерів і старших змін, що відповідають за певний напрямок, відстежується рух усіх поїздів у реальному часі і при необхідності система автоматично вносить коректування у графік розкладу руху поїздів (у разі затримки) або видає рекомендації про скасування поїзда (у разі збою графіка). Поїзди Shinkansen експлуатуються на чотирьох дільницях, що обслуговуються одним або двома диспетчерами виходячи з протяжності дільниці, а також відповідальним за даний напрямок.

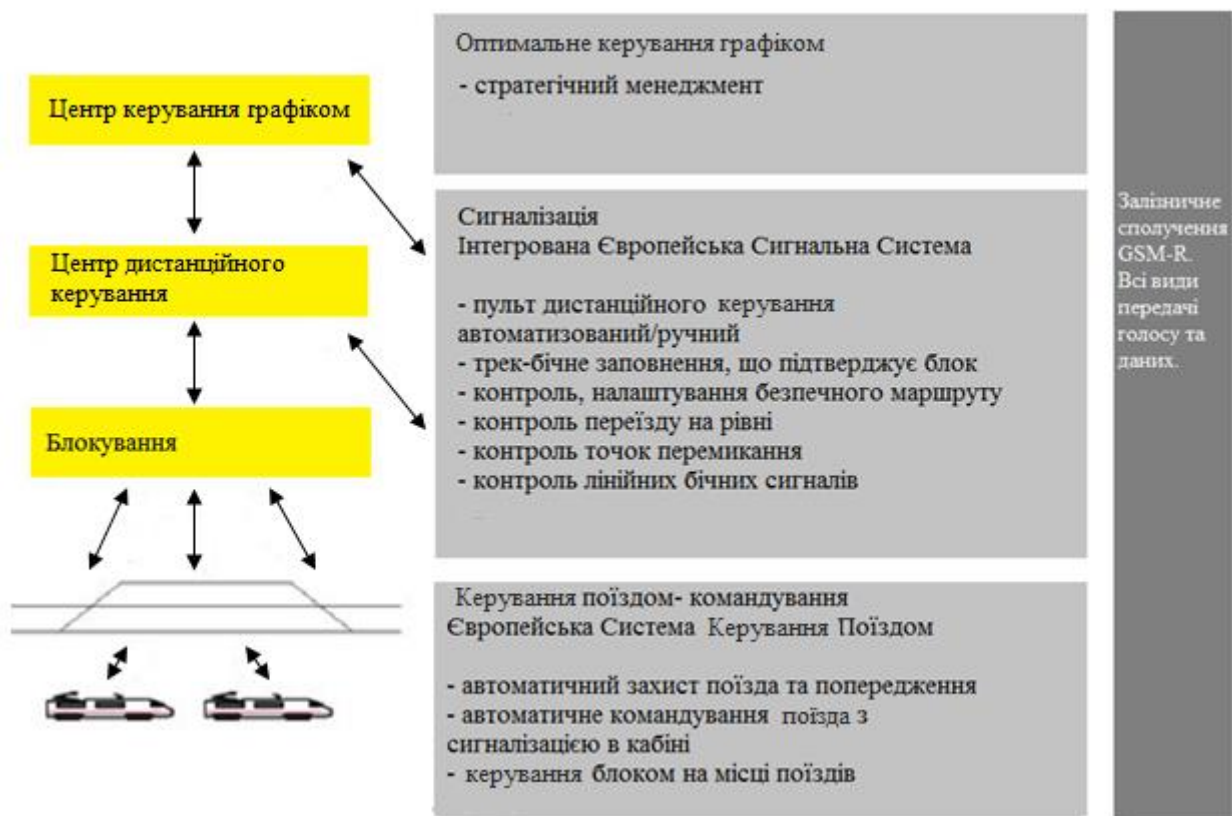


Рис. 2.9. Типова функціональна структура системи керування рухом поїздів

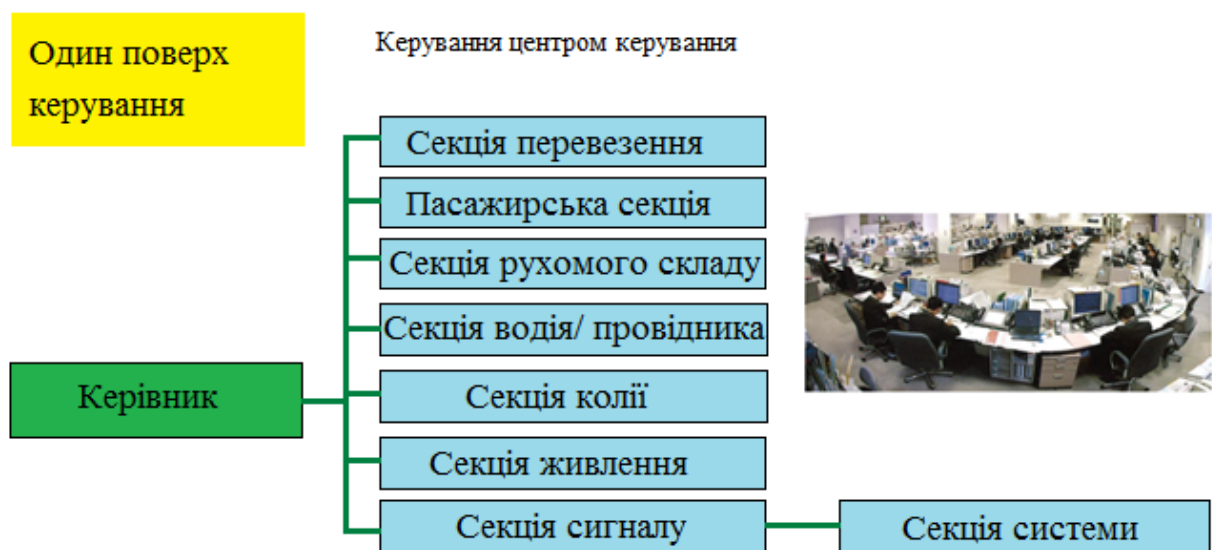


Рис. 2.10. Схема взаємодії систем при керуванні рухом на високошвидкісній магістралі Shinkansen

Принципова схема системи керування рухом поїздів наведена на рис. 2.11.

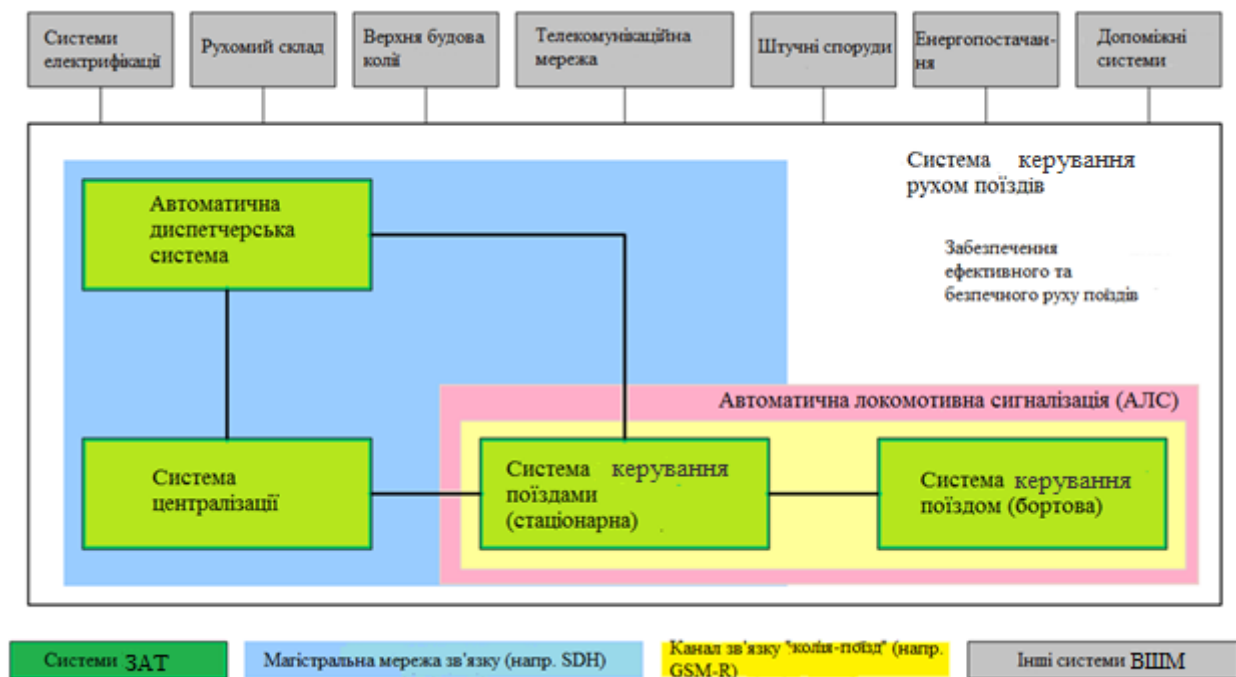


Рис. 2.11. Система керування рухом поїздів у контексті високошвидкісного руху

З огляду на викладене вище, керування ВШМ слід здійснювати зі спеціального автоматизованого диспетчерського центру керування, в якому повинні бути розміщені робочі місця (АРМ) поїзних диспетчерів (ДНЦ), диспетчерів по контролю стану інфраструктури, старшого диспетчера (ДНЦС) – керівника зміни. Необхідно передбачити реалізацію на АРМ ДНЦ функції «автопілот», що забезпечує автоматичне задавання маршрутів на станціях. Це дозволить мінімізувати міжпоїзний і станційні інтервали, вивільнити час поїзних диспетчерів для безпосередньої роботи з планування та організації пропуску поїздів. Система «автопілот» при приготуванні маршрутів має налаштовуватися: у нормальних умовах – на твердий графік руху поїздів по магістралі, а при збоях – на план-графік, що розробляється [20].

Автоматизована система керування рухом поїздів повинна передбачати роботу в інформаційно-керуючому режимі, забезпечуючи підготовку для диспетчерів пропозицій з

оптимального усунення збоїв. Досить чітко проглядаються пріоритети, яких слід дотримуватися при відновленні нормального руху. Розроблений в автоматизованій системі план-графік пропонується диспетчеру, який після розгляду затверджує його і передає системі «автопілот» для виконання. У складних ситуаціях план-графік розробляється самим диспетчером. При ліквідації збоїв вкрай важливо забезпечити реалізацію принципу дотримання інтересів оптимізації роботи магістралі в цілому. Тому план-графік складається для окремих диспетчерських дільниць тільки в тих випадках, коли регулювання руху поїздів не зачіпає умови пропуску їх по суміжних дільницях.

На лінії має працювати і система «автомашиніст»[9]. Загально прийнято при цьому, що періодично машиністи беруть на себе керування, щоб зберегти навички керування високошвидкісними поїздами. На рис. 2.12 подана функціональна схема диспетчерської системи для керування рухом поїздів на ВШМ.



Рис. 2.12. Функціональна схема диспетчерської системи для керування рухом поїздів на ВШМ

Контрольні питання

1. До яких систем відноситься система диспетчерського керування (СДК) рухом поїздів за своєю структурою?
2. Назвіть основні характеристики системи диспетчерського керування рухом поїздів.
3. Що виконується на фізичному рівні СДК рухом поїздів?
4. Що виконується на оперативному інформаційному рівні СДК рухом поїздів?
5. Що виконується на контрольному рівні СДК рухом поїздів?
6. На основі яких принципів створюються СДК рухом поїздів в умовах підвищення швидкості руху поїздів?
7. Які варіанти побудови систем диспетчерського керування склалися в Україні?
8. Як діє трирівнева побудова СДК в Україні?
9. Як діє трирівнева система оперативного керування рухом поїздів у Німеччині?
10. З чого складається необхідність створення диспетчерських центрів?

3. Існуючі методики розрахунку пропускної спроможності ВШМ

3.1. Основи дослідження пропускної спроможності на залізничних дільницях ВШМ з позиції теорії транспортних потоків

Транспортні потоки, їхнє обґрунтування і розрахунок є важливою умовою системного підходу в розробленні питань розрахунку пропускної спроможності високошвидкісних магістралей залізниць і їхніх елементів. Навантаженням для таких систем, як ВШМ, є добовий поїздопотік з урахуванням всіх категорій поїздів. Під транспортним потоком або потоком поїздів слід розуміти кількість поїздів за певний період часу, годину або добу [1].

Для характеристики потоків поїздів використовуються такі основні показники: інтенсивність руху, часовий інтервал між поїздами, швидкість, щільність руху.

Інтенсивність руху – це кількість поїздів, що проходять через поперечний переріз дільниці в певному напрямку або напрямках в одиницю часу. За розрахунковий період часу для визначення інтенсивності руху можна приймати рік, місяць, добу, годину залежно від поставленого завдання. Так, середню інтенсивність потоку $r(t)$ можна визначити як (рис. 3.1)

$$r(t) = \frac{N(t)}{t}, \quad (3.1)$$

де $N(t)$ – потік за період часу t ; t – одиниця часу (година, доба).

Величина, зворотна інтенсивності, визначає часовий інтервал між поїздами за формулою

$$t = \frac{1}{N(t)}. \quad (3.2)$$

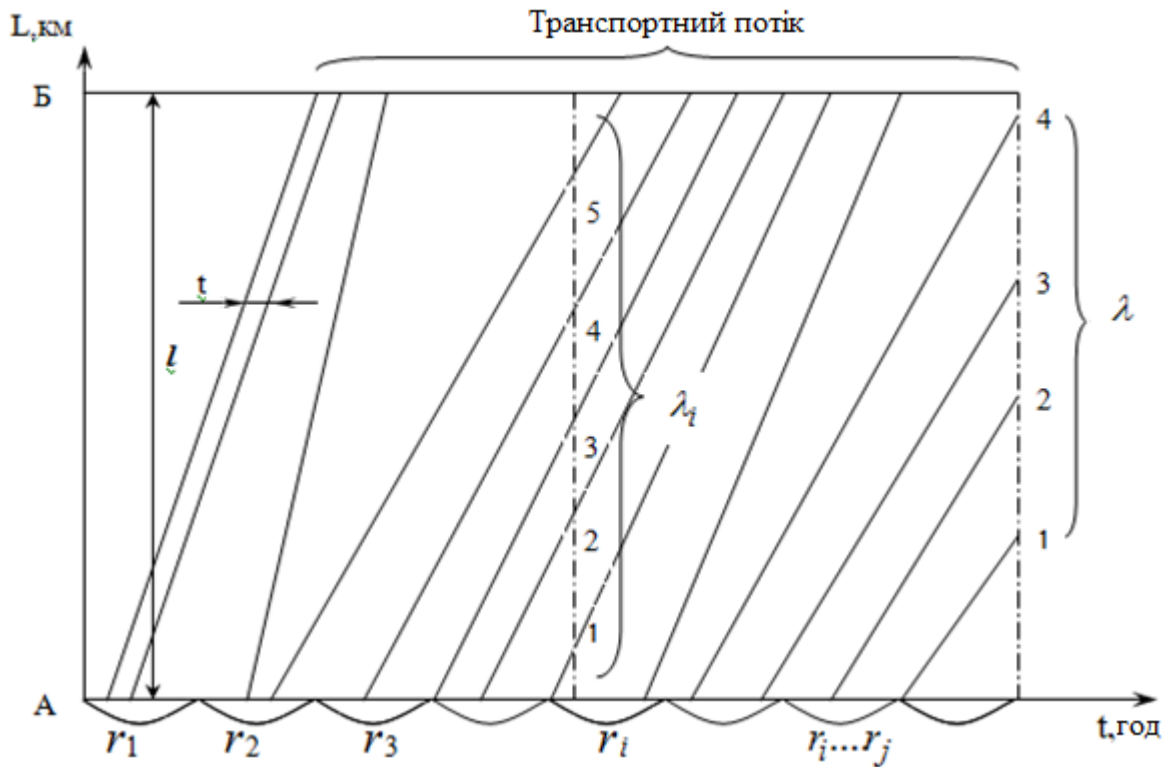


Рис. 3.1. Залежність транспортного потоку від його характеристик інтенсивності r та щільності λ

Швидкість руху поїздів є найважливішим показником поїздопотоків, оскільки визначає ефективність залізничної мережі. Для дільниць найбільш важлива середня дільнична швидкість руху поїздів[16].

На мережі залізниць можна вказати ряд ділянок і напрямків, де рух поїздів досягає максимальних розмірів, у той час як на інших дільницях розміри руху значно менші. Така просторова нерівномірність відображує перш за все різну щільність – кількість поїздів, яка доводиться на одиницю довжини дільниці (рис. 2.1). На залізничній дільниці в кожен момент часу t буде перебувати поїздів $N(t)$. Таким чином, щільність потоку $\lambda(t)$ на момент t можна визначити за виразом

$$\lambda(t) = \frac{N(t)}{l}, \quad (3.3)$$

де l – довжина дільниці, км.

Між швидкістю, щільністю потоку й інтенсивністю руху поїздів існує співвідношення, яке називається фундаментальним виразом транспортного потоку або поїздопоток [2-4].

$$r(\lambda) = \lambda \cdot v(\lambda), \quad (3.4)$$

де r – інтенсивність руху, потяг/год; λ – щільність потоку, поїзд/км; v – швидкість руху поїздів, км/год.

Прийняте припущення, що залежність інтенсивності від щільності поїздопотоків є безперервною, дозволяє визначати пропускну спроможність безпосередньо за щільністю потоку (рис. 3.2,а). З фундаментальної діаграми випливає, що одному і тому ж значенню інтенсивності потоку поїздів відповідають різні (як правило, дві) щільності і, як наслідок, різні швидкості. Очевидно, що більш вигідним є режим з більшою швидкістю (див. рис. 3.2,а): потоки будуть задоволені в тій же кількості, однак середній час руху знизиться, оскільки рух буде проходити при великих швидкостях (а отже, і з меншими щільностями) [1]. При розробленні графіка руху поїздів важливо враховувати ці аспекти, а рух середньостатистичного поїзда повинен відповідати режиму вільного потоку.

Слід зазначити, що, як показали експериментальні дослідження, залежність інтенсивності потоку від щільності, $r = r(\lambda)$, не є безперервною. Зокрема її максимум має складну структуру, він складається з двох не пов'язаних одна з одною гілок. У 1996 р. Кернер [10, 11], аналізуючи емпіричні дані, запропонував додати до класичного уявлення про рух потоку або в режимі вільного потоку, або в режимі затору третю проміжну стадію. У результаті вийшла така класифікація фаз руху транспортного потоку (рис. 3.2,б): вільний рух (англ. free flow, F), синхронізований (англ. synchronized flow, S) і рух в пробках (англ. wide moving jams, J). Ці стани потоку поїздів відповідають різним фрагментам основної діаграми, які принципово відрізняються один від одного за властивостями, що спостерігаються.

За Кернером, у транспортних потоках реалізуються три принципові фази, і якщо звичайна рідина може просто текти або замерзнути, то у транспортного потоці є третя фаза,

«напівзавмерла», – «желеподібний» стан. Це синхронізований рух поїздів, коли поїзди заважають один одному розігнатися до встановленої швидкості, але потік не переходить у стан затору. Під даним режимом S поїзди прямують один за одним за показаннями системи інтервального регулювання на жовтий або навіть на червоний сигнал прохідних світлофорів. Практичні дослідження показують, що під час прямування поїзда на жовтий вогонь середня швидкість знижується на 46 %, графіків – на 63 % [1].

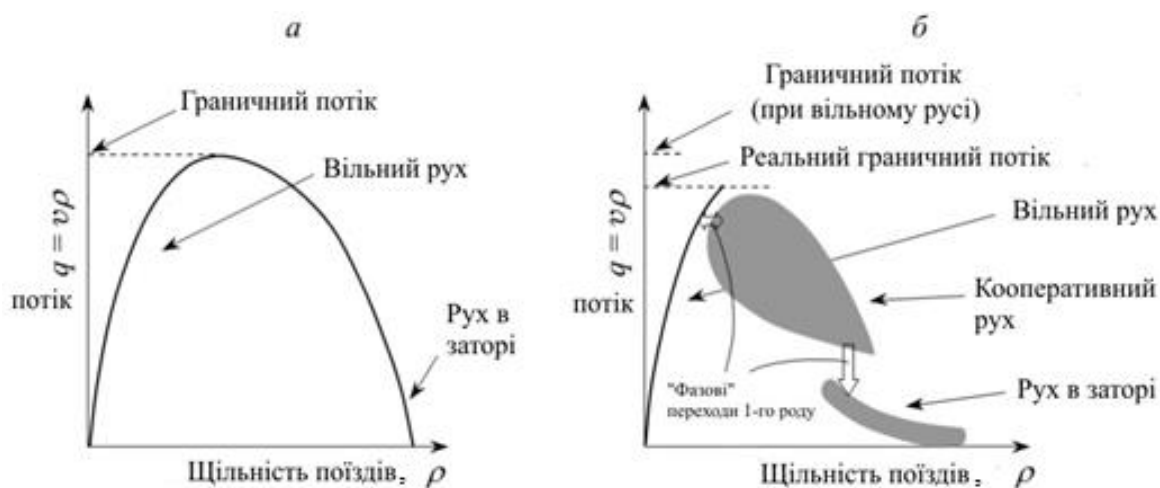


Рис. 3.2. Фундаментальна діаграма (а) і фазові стани поїздопотоків (б)

Залежність між інтенсивністю і швидкістю потоку поїздів (рис. 3.2) дозволяє отримати комплексну оцінку умов руху поїздів по дільниці при певному рівні безпеки. Дану залежність можна розділити на зони, які будуть відповідати деяким умовам руху з певними поєднаннями значень інтенсивності, швидкості та щільності руху[22].

Такий підхід дозволить знаходити раціональні параметри функціонування дільниць на напрямку відповідно до їхніх умов роботи, що мають бути визначені за прийнятою системою класифікації залізничних ділянок і напрямків для експлуатаційної діяльності.

3.1.1. Визначення понять пропускної спроможності інфраструктури залізниць

За Інструкцією [12], на залізницях України використовується поняття готівкової пропускної спроможності дільниці на перегонах, під якою розуміється максимальна кількість вантажних поїздів (пар поїздів) установленої ваги і довжини, що можуть бути пропущені через цю дільницю за одиницю часу (добу, годину) відповідно до її технічної оснащеності і прийнятого способу організації руху поїздів. Якщо колії в основному спеціалізовані для пасажирського (приміського) руху, то пропускна спроможність вимірюється у пасажирських поїздах. Крім того, розрізняють результативну пропускну спроможність дільниці, яка відповідає найменшій наявній пропускній спроможності окремої дільниці, що розраховується для таких елементів: по перегонах, станціях, пристроях електропостачання електрифікованих ліній.

В Інструкції [12] визначення не наводиться, але в технічній літературі та Інструкції щодо складання графіка руху поїздів на залізницях України [13] існує поняття потрібної пропускної спроможності (розрахункової) – кількість поїздів, необхідна для виконання плану перевезень вантажів і пасажирів.

Для оцінювання пропускної спроможності дільниць (споруд і пристроїв) існує поняття розрахункового рівня використання наявної пропускної спроможності, який визначається за допомогою коефіцієнта розрахунку використання пропускної спроможності діленням кількості наведених поїздів на наявну пропускну спроможність відповідного пристрою. Для підрахунку даного коефіцієнта приймаються середні розміри вантажного і пасажирського рухів у місяць максимальних перевезень. Крім розрахункового, визначено поняття допустимого коефіцієнта використання пропускної спроможності, що встановлюється нормативно, порівняння таких коефіцієнтів дозволяє аналізувати ступінь завантаженості ділянки.

Наведені вище визначення, крім залізниць України, також використовуються на залізницях країн СНД. Історичний розвиток залізниць на пострадянському просторі призвів до зменшення значення графіка руху поїздів в експлуатаційній роботі і

відсутності обмежень по завантаженню залізничних дільниць, а при таких принципах організації перевезень значної уваги до розуміння раціонального використання пропускної спроможності не приділялося. Крім того, дані з пропускної спроможності віднесені до зведення відомостей, що становлять державну таємницю, а отже, їхнє використання у поточній експлуатаційній роботі обмежено. У ринкових умовах існуючий стан є неприйнятним і вимагає зміни ситуації та деталізації досліджень з визначення пропускної спроможності дільниць і напрямків у цілому.

Для розширення понять щодо визначення пропускної спроможності необхідно проведення аналізу зарубіжного досвіду, зокрема залізниць з «європейською» моделлю ринку перевезень. За Директивою 2001/14/ЄС [14], під «пропускною спроможністю інфраструктури» розуміється потенціал планування маршрутів у розкладі руху поїздів, який потрібен для того чи іншого елемента інфраструктури на певний період. Крім того, юридично прописана необхідність проведення аналізу пропускної спроможності і при її розподілі, публікації Звіту про стан мережі, в якому вказуються можливості інфраструктури. У разі нестачі пропускної спроможності існує можливість визнання ділянки «перевантаженою» - це така ділянка інфраструктури, в рамках якої попит на пропускну спроможність інфраструктури не може бути повністю задоволений протягом певного періоду часу навіть після узгодження різних заявок на виділення пропускної спроможності. При таких умовах організації перевезень набули широкого поширення різні способи розрахунку пропускної спроможності. Існує більш різноманітна база з визначення понять.

Теоретична пропускна спроможність (англ. Theoretical Capacity, TC) – це кількість поїздів, які могли б проїхати через дільницю протягом певного інтервалу часу при повністю упорядкованому графіку руху (паралельний з однаковим часом ходу поїздів). Це верхня межа пропускної спроможності лінії, а її спосіб розрахунку є нескладним і базується на аналітичних обчисленнях. При розрахунку теоретичної пропускної спроможності не враховуються резерви, ігноруються наслідки

змін у русі і збої, які відбуваються у разі проходження поїздів по дільниці.

Практична пропускна спроможність (англ. Practical Capacity, PC) – це практична межа «типового» обсягу поїздопоток, який може бути пропущений через дільницю за умови прийнятного рівня надійності; відображає реальну послідовність проходження поїздів різних категорій, їхні пріоритети і враховує резерв. Якщо теоретична пропускна спроможність є верхньою теоретичною межею, то практична - являє собою пропускну спроможність, яка реально може бути реалізована. За дослідженнями [8], практична пропускна спроможність становить близько 60–75 % від теоретичної, яка попередньо була визначена (рис. 3.3).

Практична пропускна спроможність є найбільш важливим визначенням потужності лінії, оскільки вона дозволяє описати можливості інфраструктури, системи організації руху для пропуску встановленої кількості поїздів у межах очікуваного рівня обслуговування.



Рис. 3.3. Залежність між теоретичною, практичною пропускними спроможностями та надійністю

Використана пропускна спроможність (англ. Used Capacity, UC) – це фактичний обсяг поїздопоток, що пропускається через лінію. Використана пропускна спроможність відображає фактичний потік поїздів та операції, які відбуваються

на лінії. Вона, як правило, нижче практичної пропускної спроможності.

Доступна пропускна спроможність (англ. Available Capacity, AC) – це різниця між використаною пропускною спроможністю і практичною. Вона характеризує додаткову кількість поїздів, які можуть бути пропущені через дільницю. Якщо доступна пропускна спроможність не використана, то вважається втраченою (невикористаною)[20,21].

3.1.2. Аналіз методології і методів розрахунку пропускної спроможності інфраструктури залізниць

Всі існуючі методи для оцінювання пропускної спроможності залізниць можна розділити на три види: аналітичні, методи оптимізації та методи імітаційного моделювання.

Аналітичні методи засновані на розрахунку пропускної спроможності за допомогою математичних формул або виразів алгебри. Такі методи прості в розрахунку і зазвичай використовуються для оцінювання теоретичної (наявної) пропускної спроможності. Наприклад, на залізницях Польщі практичну пропускну спроможність визначають у відсотках від теоретичної за виразом

$$N_p = (1 - \alpha)N_{\max},$$

де α – технічна норма резервування, яка відповідно до рекомендацій може набувати значень від 0,2 до 0,3;

N_{\max} – теоретична пропускна спроможність поїздів або пар поїздів.

В основі аналітичних методів лежить спосіб безпосереднього розрахунку пропускної спроможності пристрою, в якому в явному вигляді встановлюється потужність, що витрачається на пропуск одного поїзда або пари поїздів, що виражається у часі (поїздо-годинами) заняття елемента й обмежує пропускну спроможність. У загальному вигляді залежність між цими величинами може бути виражена формулою

$$N = \frac{M - M_n}{t} \alpha_n,$$

де M – загальна потужність пристрою;

M_n – частина потужності пристрою, що витрачається на обслуговування потреб, не пов'язаних безпосередньо з рухом поїздів (наприклад, на ремонт колії, маневрову роботу);

m – потужність пристрою, що витрачається на обслуговування одного поїзда або однієї пари поїздів;

α_n – коефіцієнт, який враховує частку добового бюджету часу, що використовується для пропуску поїздів при ймовірних відмовах у роботі технічних засобів.

Розрахунок пропускної спроможності за наведеною формулою може бути використаний тільки при одній структурі поїздопотоків, коли величина має постійне значення для всіх поїздів. Для розрахунку пропускної спроможності діляниць при різномірній структурі поїздопотоків застосовуються два принципово різних методи.

За одним з них, розробленим з урахуванням умов залізниць України, спочатку встановлюється максимальна пропускна спроможність у поїздах або парах поїздів категорії, основна на даній лінії. Поїзди інших категорій через певні еквіваленти (коефіцієнти знімання) приводяться до поїздів основної (розрахункової) категорії. Так, наприклад, пропускна спроможність ділянок розраховується у першу чергу для паралельного графіка і виражається у поїздах тільки однієї категорії, зазвичай вантажних, а при спеціалізації лінії – для пасажирського руху в пасажирських поїздах прийнятої категорії (приміські далекі). Потім оцінюється вплив на пропускну спроможність поїздів, що прямують з іншими швидкостями, тобто розраховується пропускна спроможність для непаралельності графіка.

Існуючі формули для розрахунку пропускної спроможності використовують постійні величини і ґрунтуються на геометричних характеристиках ділянки, лінійній величині зміни координат положення поїзда на просторово-часовому графіку і характеризують рух одиночного поїзда. Все це призводить до невідповідності теоретичної пропускної спроможності до фактичної, яка значно менше. Причиною цього є відсутність стохастичного характеру руху поїздів і характеристик руху групи (поток) поїздів. Практика і дослідження доводять, що при

зменшенні міжпоїзного інтервалу, швидкість поїздів падає, так, у середньому рух поїздів на жовтий сигнал світлофора на 30 %, а на червоний на 60 % нижче, ніж на зелений [1].

Базою існуючого підходу є принцип розрахунку на основі обмежуючого перегону, тоді як пропускна спроможність дільниці по своїй суті – це показник обслуговування потоку поїздів, на величину якого впливає план і профіль колії на дільниці, технічне оснащення перегонів і станцій, тягово-експлуатаційні характеристики локомотивів, тип графіка руху, маса і довжина поїздів різних категорій, допустимі максимальні швидкості руху, кліматичні умови, вибір машиністами режимів ведення поїздів і т. д.

За іншим методом пропускну спроможність визначають без виділення розрахункової категорії поїздів, а на основі врахування ймовірнісної природи взаємного розташування на графіку поїздів різних категорій. Існують методи розрахунку, що дозволяють враховувати виникнення черг через затримку потягів на основі теорії масового обслуговування. Дані методи є дуже чутливими до вхідних параметрів інфраструктури, параметрів і структури поїздопотоків, і їхня точність сильно залежить від прийнятого способу урахування варіантів розміщення поїздів на дільниці.

Оптимізаційні методи засновані на методах математичного програмування для розв'язання оптимізаційних задач розрахунку насиченого (максимального) розкладу. Ці методи забезпечують більш високу точність рішення, ніж проведення розрахунків за аналітичними методами. Дані методи отримали широке застосування на залізницях країн ЄС, бо дозволяють за допомогою безпосереднього розрахунку визначити навіть практичну пропускну спроможність.

У даний час базою для розроблення графіка руху поїздів є методи теорії розкладів (англ. Scheduling Problem). У рамках проекту EUROPE-TRIS розроблені алгоритми розрахунку пропускну спроможності на основі пошуку максимального графіка при мінімальних витратах на проходження всіх поїздів через дільницю – програма FLOU (англ. Flow Line Optimal Utilization), існує можливість визначення пропускну спроможності для оптимізації розкладів руху в умовах заданих

заявок операторів на проходження поїздів – програма TCM (англ. Traffic Capacity Management)[50].

Імітаційні методи базуються на методах програмного моделювання, що дозволяють провести імітацію реального процесу пропуску поїздів з плином часу. Ці методи дають можливість окреслити випадковий характер процесу перевезень у динаміці. Відомі імітаційні моделі ґрунтуються на методі Монте-Карло, або теорії систем масового обслуговування. Застосування імітаційних методів часто поєднується з методами оптимізації для перевірки знайденого графіка руху на можливість реалізації в умовах впливу випадкових чинників. Крім академічних моделей, існують комерційні програмні продукти, в основі яких використані імітаційні методи (OpenTrack - OpenTrack Railway Technology, SIMONE - Incontrol Enterprise Dynamics, MultiRail - Multimodal Applied Systems) [15]. Недоліком такого підходу є складність практичного пристосування розробленої імітаційної моделі існуючої інфраструктури залізниць. По суті для кожної дільниці або напряму необхідна побудова нової моделі, яка вимагає великих витрат часу[32,33].

Сучасні дослідження підтверджують ефективність застосування інтегрованої методології для розрахунку пропускної спроможності при використанні на першому етапі аналітичних методів для початкового рішення (визначення схеми прокладання), після чого на другому етапі здійснюється пошук графіка руху за допомогою оптимізаційного методу, тоді як на третьому етапі проводиться перевірка знайденого розкладу шляхом імітаційного моделювання процесу проходження поїздів.

3.2. Коефіцієнт знімання високошвидкісного поїзда в умовах поєданого руху на ВШМ

В умовах непаралельності графіка руху виникає завдання у розподілі за допомогою коефіцієнта знімання наявної пропускної спроможності, встановленої для паралельного графіка, між поїздами різних категорій.

Частина часу доби, яка через прямування поїздів зі швидкісним режимом руху, відмінним від основної категорії поїздів, не може бути використана для пропуску поїздів основної

категорії, називається **часом знімання**. В умовах організації на високошвидкісних магістралях руху з поїздами, швидкість проходження у яких відмінна від швидкості руху поїздів швидкісної категорії, за якою визначається готівкова пропускна спроможність, виникає час знімання, що не може бути використаний для пропуску поїздів швидкісної категорії.

На величину часу знімання впливають такі чинники:

- 1) співвідношення швидкостей руху поїздів різних категорій;
- 2) завантаженість залізничної дільниці;
- 3) кількість поїздів, які мають перевагу перед іншими поїздами;
- 4) неідентичність перегонів;
- 5) колійний розвиток роздільних пунктів дільниці;
- 6) тип графіка руху поїздів.

Відношення часу знімання до періоду графіка називається **коефіцієнтом знімання**. По суті коефіцієнтом знімання є число, що показує, скільки поїздів основної категорії (високошвидкісних) знімає з графіка один поїзд зі швидкісним режимом руху, відмінним від основної категорії поїздів.

Величина коефіцієнта знімання складається з двох частин:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \varepsilon_{\partial},$$

де ε_0 – коефіцієнт основного знімання;

ε_{∂} – коефіцієнт додаткового знімання.

Перша частина характеризується різницею часів ходу по розрахунковій дільниці поїзда основної категорії і поїздів, відмінних від основної категорії, (основне знімання)

$$\varepsilon_0 = \frac{V_{\text{відм.від осн.}}}{V_{\text{осн.кат}}} = \Delta,$$

де $V_{\text{осн.кат}}$ – ходова швидкість поїзда основної категорії, за якою ведеться розрахунок наявної пропускної спроможності;

$V_{\text{відм.від осн}}$ – ходова швидкість поїзда, яка відмінна від швидкості руху поїздів основної категорії.

Основний коефіцієнт знімання являє собою мінімальне значення коефіцієнта знімання. Таким чином, чим менше розрив між швидкостями різних категорій поїздів, тим менше коефіцієнт основного знімання.

Друга частина коефіцієнта знімання залежить від розташування поїздів нижчої категорії та кратності часу, що залишається після їхнього прокладання на графіку, розрахункового періоду графіка для високошвидкісних поїздів, якщо

$$\frac{1440 - \sum T_{\text{відм. від осн}}}{T_{\text{пер}}} = X,$$

де $\sum T_{\text{відм. від осн}}$ – сумарний час заняття перегону поїздами, швидкість у яких менше, ніж у поїздів швидкісної (основної) категорії;

$T_{\text{пер}}$ – період графіка на обмежуючому перегоні;

X – будь-яке ціле число, тобто значення ε_{∂} можна теоретично звести до нуля.

Прокладати поїзди, швидкість у яких відмінна від швидкості основної категорії поїздів (швидкісних), на графіку треба так, щоб $\varepsilon_{\partial} \rightarrow 0$. На одноколійних лініях, коли розрахунок ведеться у парах поїздів, дріб, який може вийти в результаті формули, повинен бути досліджений на можливість використання його для пропуску ще одного потяга, парного або непарного напрямку.

Теоретично точно визначити коефіцієнт додаткового знімання неможливо, практично ε_{∂} може бути визначений тільки при побудові графіка. Для орієнтовних розрахунків його визначають на основі статистичної обробки експериментальних даних і виконаних графіків руху.

Підходи до визначення коефіцієнта знімання на одноколійній і двоколійних ділянках розрізняються лише при розрахунку коефіцієнта додаткового знімання.

При визначення коефіцієнта знімання на одноколійній ділянці при непаралельному графіку другу частину коефіцієнта знімання можна розрахувати як

$$\varepsilon_{\partial} = \frac{t_{\partial on}}{T_{пер}}$$

На рис. 3.4 схематично зображено виникнення зон знімання на обмежуючому перегоні одноколійної дільниці.

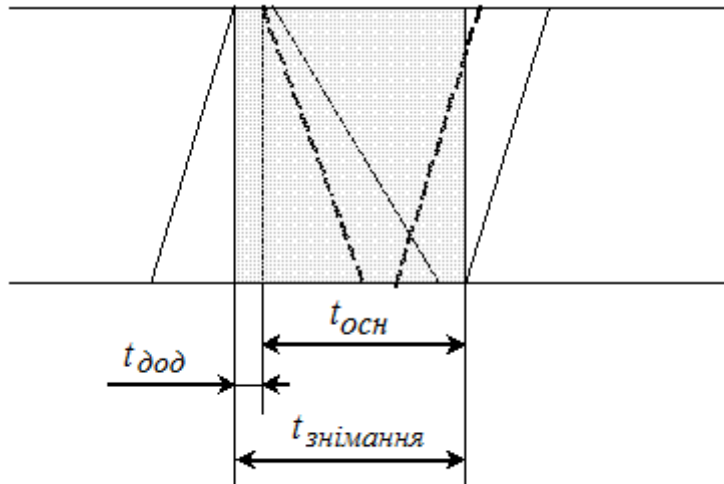


Рис. 3.4. Схема виникнення часу основного і додаткового знімання при пропуску на лінії швидкісного руху поїзда із меншою швидкістю, ніж у поїздів швидкісної категорії

В умовах, якщо на залізничній лінії високошвидкісні поїзди використовуються не як основна категорія поїздів, по якій проводиться розрахунок пропускної спроможності, то необхідно перевірити забезпеченість таких поїздів приймально-відправними коліями на проміжних роздільних пунктах окремо за напрямками руху. Якщо кількість обгонних колій на дільниці виявиться недостатньою, то матиме місце додаткове знімання при нестачі обгонних колій на дільниці $\varepsilon_n^{обг}$.

При достатній кількості обгонних колій на дільниці по ній можна було б пропустити в зоні обгону $T_3^{обг}$ поїздів основної категорії, швидкість яких менше швидкості високошвидкісного поїзда

$$N = \frac{T_3^{обг} - t_{осн}}{I},$$

де $t_{осн}$ – час знімання поїзда основної категорії високошвидкісним поїздом. Цей час залежить від швидкостей руху поїзда основної категорії, високошвидкісного пасажирського поїзда і довжини обмежувача перегону;

I – міжпоїзний інтервал.

Фактично на станціях «в, д» і інших може не вистачити колій для обгону високошвидкісного поїзда. В цьому випадку виникне додаткове знімання або так зване знімання «по коліях» (рис. 3.5).

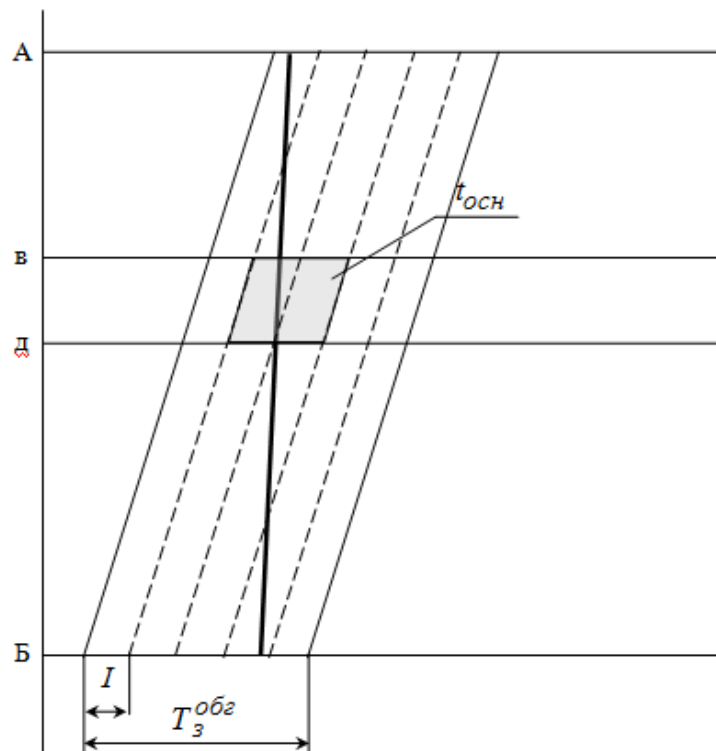


Рис. 3.5. Схема виникнення часу основного і додаткового знімання при пропуску на лінії швидкісного поїзда із більшою швидкістю, ніж у поїздів основної категорії

3.3. Практична пропускна спроможність ВШМ. Метод розрахунку практичної пропускної спроможності відповідно до стандарту UIC 406 R

Цікаво висвітлено питання розрахунку практичної пропускної спроможності в документах міжнародної організації, яка об'єднує національні залізничні компанії з метою спільного вирішення завдань у сфері розвитку залізничного транспорту, –

Міжнародному союзу залізниць (МСЗ – фр. Union Internationale des Chemins de fer, UIC). МСЗ заснував проект «Capacity Management», в рамках якого в 2004 році був розроблений стандарт з дослідження пропускної спроможності UIC 406 R [10]. Даний документ використовує ринково-орієнтований підхід до визначення пропускної спроможності. Проведені дослідження доводять, що в деяких випадках окремі залізничні ділянки можуть бути перевантаженими, навіть за умови незначної кількості поїздів.

Практична пропускна спроможність залежить від розташування поїздів у часі, кількості поїздів різних швидкісних категорій, топології дільниці, прийнятого рівня пунктуальності (точності дотримання розкладу), кількості затримок і конфліктів, необхідної комерційної швидкості і заданого інтервалу їхнього відправлення відповідно до заявок операторів перевезень. Як наслідок, практичну пропускну спроможність можна оцінити лише після встановлення плану перевезень, який формується на основі вимог до графіка руху власника інфраструктури і компаній операторів-перевізників.

За документом UIC 406 R, у загальному вигляді поняття практичної пропускної спроможності сформульовано так: «Як такої пропускної спроможності не існує. Пропускна спроможність залізничної інфраструктури залежить від способу її використання. Характеристики інфраструктури є параметрами пропускної спроможності, вони включають систему сигналізації, розклад руху з урахуванням рівня пунктуальності (точності дотримання розкладу)» [10, 11].

Для відображення відносин між параметрами пропускної спроможності, до яких відноситься кількість поїздів, середня швидкість, неоднорідність і стабільність графіка руху, запропоновано якісну модель дотримання балансу пропускної спроможності (англ. Balance Capacity) (рис. 3.6).

Дана залежність балансу ґрунтується на таких правилах:

- збільшення кількості поїздів призводить до погіршення якості руху;
- гальмівний шлях збільшується пропорційно середній швидкості, що призводить до збільшення інтервалів між поїздами, і як наслідок, до зниження пропускної спроможності;

- для підвищення надійності і стабільності розкладу час відновлення повинен бути доданий до часу руху (щоб уникнути розповсюдження збоїв у графіку руху поїздів), крім того, має бути врахований буфер часу в тривалості проходження поїзда через дільницю. Таке бронювання призводить до зменшення пропускної спроможності;

- чим більше різниця між часом руху поїздів різних категорій (непаралельний графік), тим менше поїздів може прямувати за той же період часу.

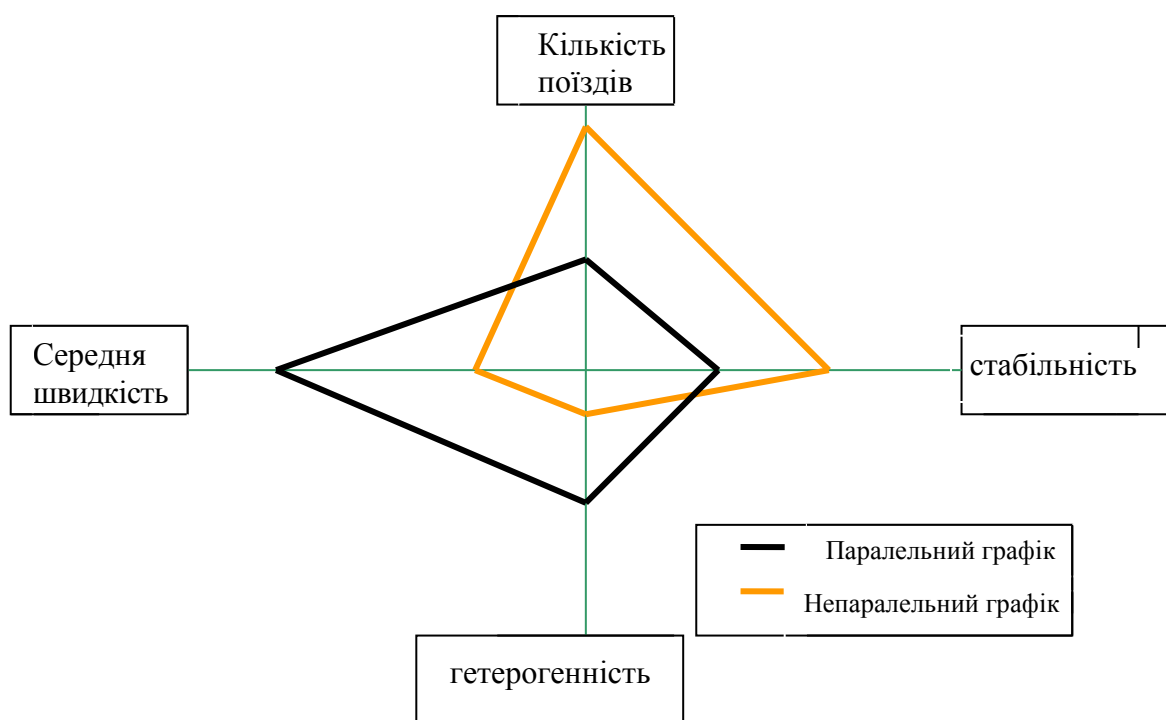


Рис. 3.6. Баланс пропускної спроможності - UIC 406 R

Встановивши пріоритети надання послуг на дільниці відповідно до вищенаведених параметрів, за правилом балансу можна наближено відповісти на питання про умови роботи заданої дільниці або напрямку.

За вищезгаданими виначеннями в UIC 406 R, рекомендується процедура розрахунку практичної пропускної спроможності на основі методу оптимізації, що називається методом ущільнення графіка (англ. timetable compaction method). Метод засновано на так званій процедурі стиснення ниток графіка на заданій дільниці, тобто зближенні всіх ниток один до одного без порушення їх цілісності і заданих параметрів комерційних

зупинок, обгонів часу руху з перегонів. На рис. 3.7 наведено графік руху до проведення процедури ущільнення.

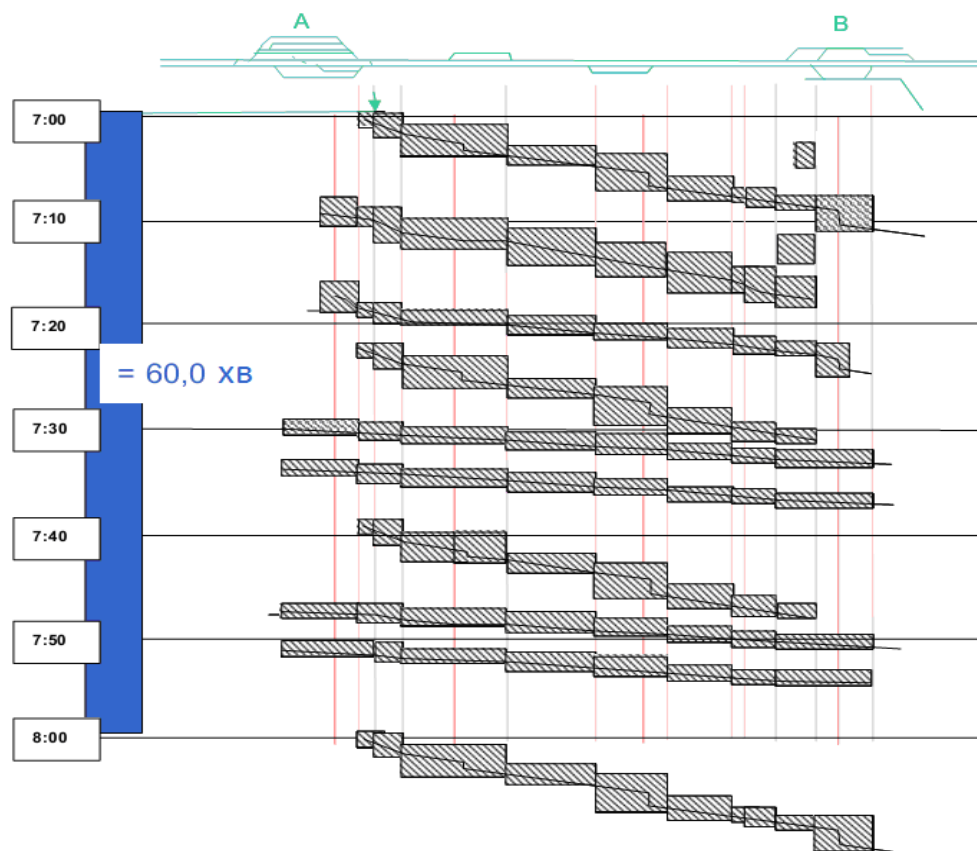


Рис. 3.7. Графік руху до проведення процедури ущільнення

На рис. 3.8 наведено графік руху після проведення ущільнення, де темним позначена частина пропускної спроможності, яка використана на дільниці, тоді як сірим – додаткова (невикористана) частина пропускної спроможності, що може теоретично бути запланована для пропуску додаткових поїздів на дільниці.

До знайденого рівня використання пропускної спроможності протягом певного періоду часу запропоновано додати час для забезпечення рівня стабілізації графіка, час для здійснення операцій перетину на одноколійних лініях і при необхідності час для технічного обслуговування. На рис. 3.9 приведена діаграма поділу загального розрахункового періоду пропускної спроможності. Формула для визначення пропускної спроможності має такий вигляд (рис. 3.9):

$$k = A + B + C + D,$$

- де k – загальний час пропускної спроможності, хв;
 A – зайнятість інфраструктури поїздами, хв;
 B – час для створення буфера, хв;
 C – додатковий час для одноколійних ліній, хв;
 D – час для технічного обслуговування (технологічне вікно), хв.

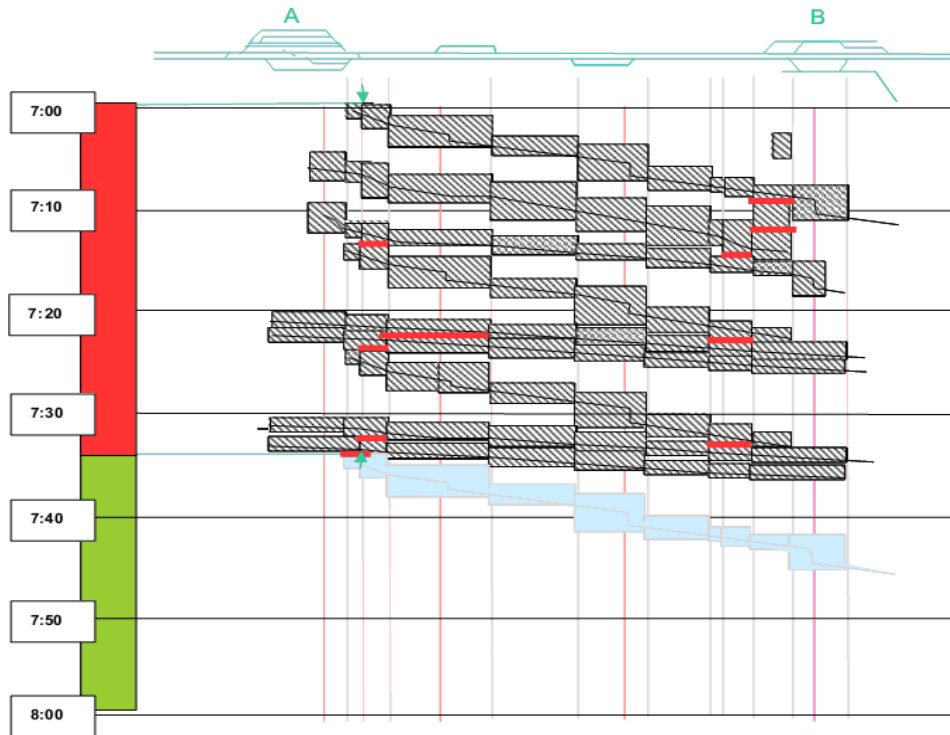


Рис. 3.8. Графік руху після проведення процедури ущільнення

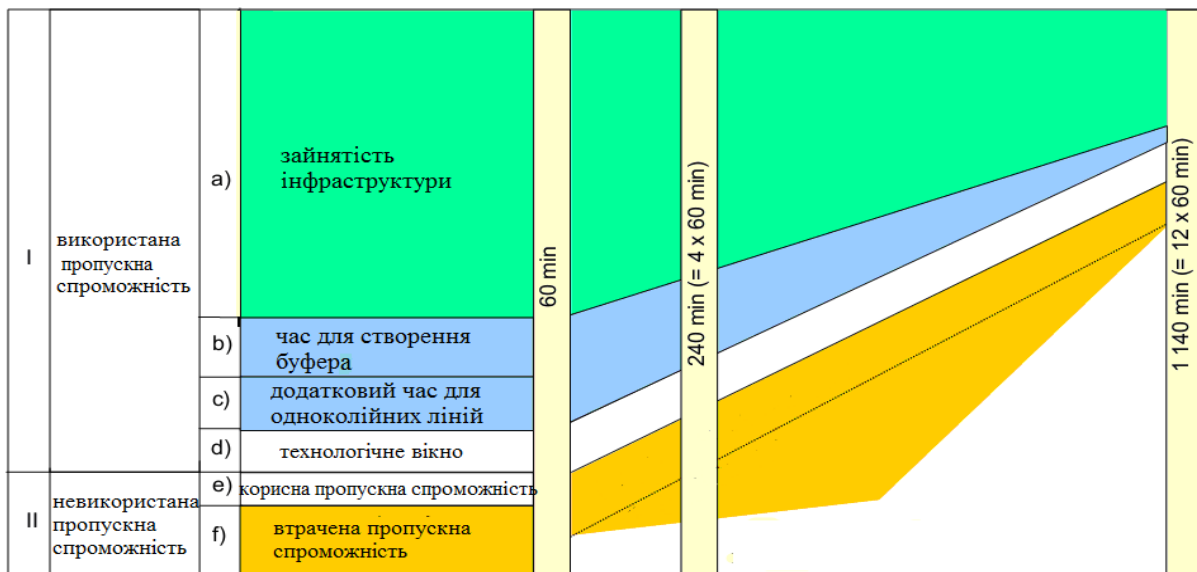


Рис. 3.9. Номограма поділу загального розрахункового часу пропускної спроможності

Рівень використання пропускної спроможності запропоновано визначати за виразом

$$K = k \cdot 100 / U,$$

де K – потужність споживання, %;

U – час обраного періоду для розрахунку ($I + II$), хв.

Якщо певний рівень використання інфраструктури вище, ніж рекомендовані типові значення, інфраструктура повинна бути оголошена перевантаженою. Якщо ці типові значення не перевищені, існує надлишкова частка пропускної спроможності, яка може бути використана для пропуску додаткових поїздів відповідно до вимог ринку. Дана методологія була застосована на більш ніж 5000 км, щоб виконати її перевірку та отримати рекомендовані значення часу використання інфраструктури, які не повинні бути перевищені. Середні результати такі: $K = 75-85\%$ у годину пік і $K = 60-70\%$ у добовому періоді.

Контрольні питання

1. Що слід розуміти під терміном «транспортний потік»?
2. Що таке «інтенсивність руху»?
3. Як визначається поняття «потрібна пропускна спроможність (розрахункова)» в Інструкції зі складання графіка руху поїздів на залізницях України?
4. Як визначається розрахунковий рівень використання наявної пропускної спроможності?
5. Що таке «Теоретична пропускна спроможність»?
6. Що таке «Практична пропускна спроможність»?
7. Назвіть методи розрахунку пропускної спроможності.
8. На чому засновані аналітичні, оптимізаційні та імітаційні методи?
9. Що називають «часом знімання» та «коефіцієнтом знімання»?
10. Які чинники впливають на величину часу знімання та від чого залежить практична пропускна спроможність?

4. Графік руху високошвидкісних поїздів. Класифікація графіків на ВШМ, їхні техніко-економічні характеристики. Світовий досвід

Графік руху поїздів (ГРП) – організуюча і технологічна основа роботи всіх підрозділів залізниць, план всієї експлуатаційної роботи. Рух поїздів строго за графіком забезпечується правильною організацією роботи і точним виконанням технологічного процесу роботи станцій, депо, тягових підстанцій, пунктів технічного обслуговування та інших підрозділів, пов'язаних з рухом поїздів [13].

Графік є основою організації руху поїздів на залізничному транспорті. Він визначає:

- послідовність заняття поїздами перегонів;
- час відправлення і прибуття поїздів по кожному роздільному пункту;
- швидкості руху поїздів по перегонах;
- норми часу стоянки поїздів на станціях;
- серії локомотивів, які обслуговують поїзди;
- вагові норми і довжини поїздів.

Графік руху поїздів є графічним зображенням процесу руху поїзда по дільниці в декартовій системі координат. Поїзд прийнято за матеріальну точку. На залізницях України, Росії, Франції час подано на осі абсцис (X , горизонтальна вісь), а відстань показано по осі ординат (Y , вертикальна вісь) (рис. 4.1). У Німеччині та багатьох інших країнах граф осі відстані міняється місцями з віссю часу (рис. 4.2).

Рух поїздів на графіку може зображуватися як прямими лініями, які нахилені, тобто виражається функцією у вигляді $Y = kX + b$ (умовно приймається припущення, що в межах перегону швидкість поїздів рівномірна) (рис. 4.3, а), так і кривими лініями, які зображують реальну зміну швидкості на перегоні з урахуванням розгону, уповільнення і профілю колії (рис. 4.3, б).

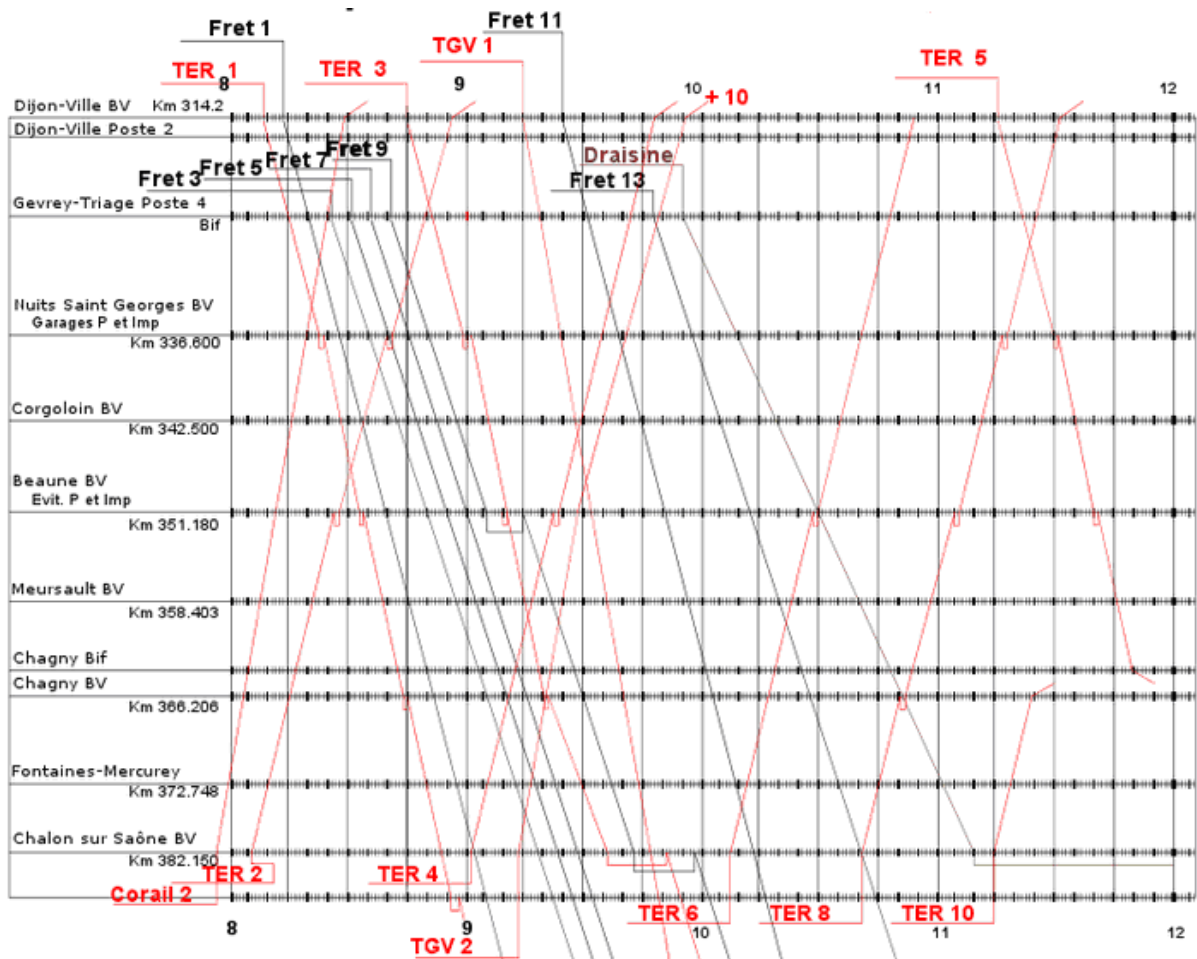


Рис. 4.1. Відображення графіка руху на сітці, де по вертикалі – відстань, а по горизонталі – час

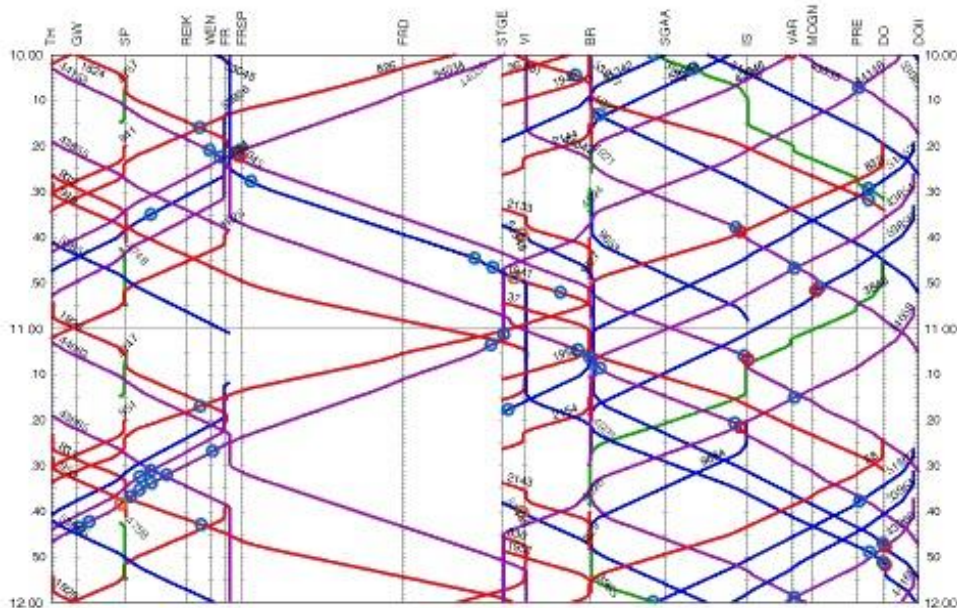


Рис. 4.2. Відображення графіка руху на сітці, де по вертикалі – час, а по горизонталі – відстань

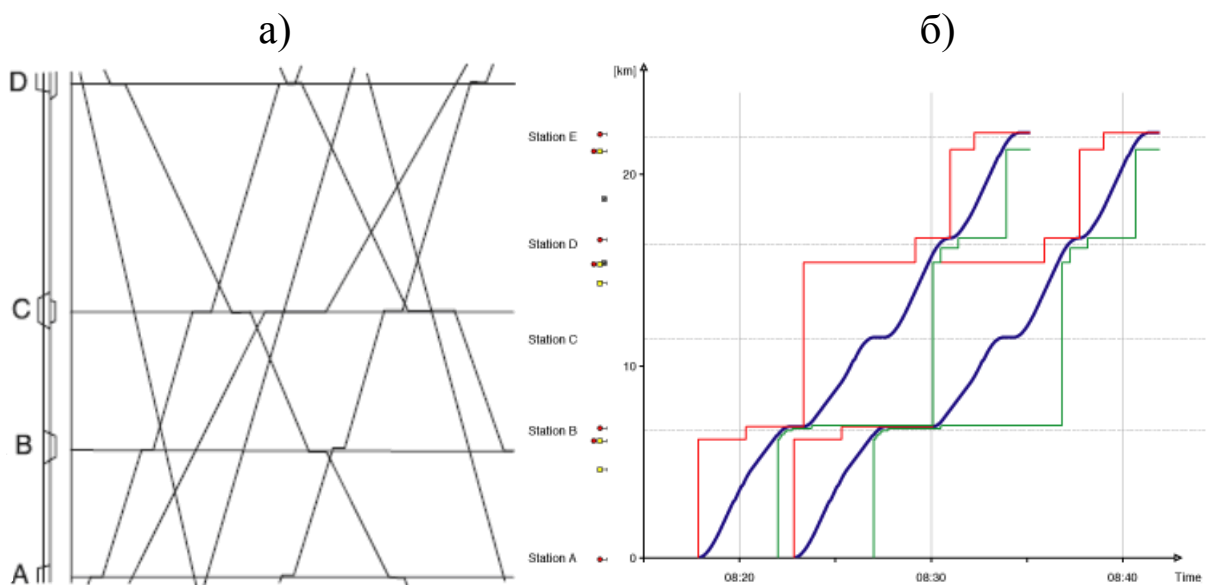


Рис. 4.3. Фрагмент графіка руху на сітці: а – по вертикалі – час, а по горизонталі – відстань; б – по вертикалі час, а по горизонталі – відстань

Графік руху складають на стандартній масштабній сітці [13]. На сітці кожна година розділена вертикальними лініями на шість десятихвилинних інтервалів, при цьому півгодинні поділи вказуються штриховою лінією, а часові – жирною. Час проходження (прибуття чи відправлення) поїздом кожного роздільного пункту визначається перетином лінії ходу поїзда з віссю відповідного роздільного пункту і відзначається цифрою понад цілий десяток у тупому куті, утвореному лінією ходу поїзда і віссю роздільного пункту. На перегонах, що прилягають до станцій, які обмежують диспетчерське коло, над лінією ходу поїзда ставлять його номер. Поїзди нумерують залежно від напрямку руху і категорії перевезень. Лінії ходу непарних поїздів наносять зверху вниз, парних - знизу вгору. На основі графіка руху поїздів складають розклад руху поїздів, де вказується час прибуття, відправлення і проходження поїздів по кожному роздільному пункту (рис. 4.4).

Зображення графіка руху поїздів може бути подано у вигляді надрукованої на аркуші паперу сітки графіка з нанесеними на неї лініями ходу поїздів різних категорій і відповідними реквізитами в межах добового циклу (у 24-годинному вимірюванні). Зображення графіка може бути подано

в електронному вигляді і відображено на екрані комп'ютера у вигляді фрагмента, що відповідає тій або іншій ділянці аркуша графіка на паперовому носії.

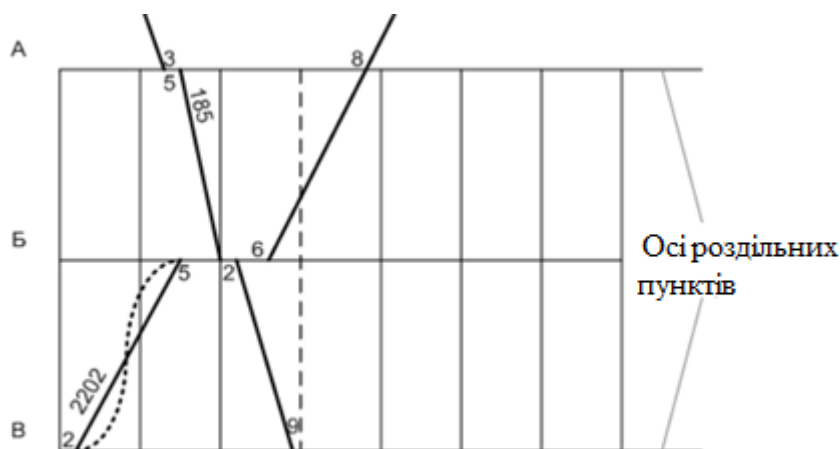


Рис. 4.4. Фрагмент графіка руху поїздів

Формат окремого аркуша графіка встановлений однаковим і становить 841×1189 мм (за діючою класифікацією паперових носіїв інформації позначається як формат А0). Залежно від необхідного масштабу 24-годинний графік руху поїздів може розташовуватися на одному або декількох аркушах. Вид аркуша графіка та його основні елементи наведено на рис. 4.5.

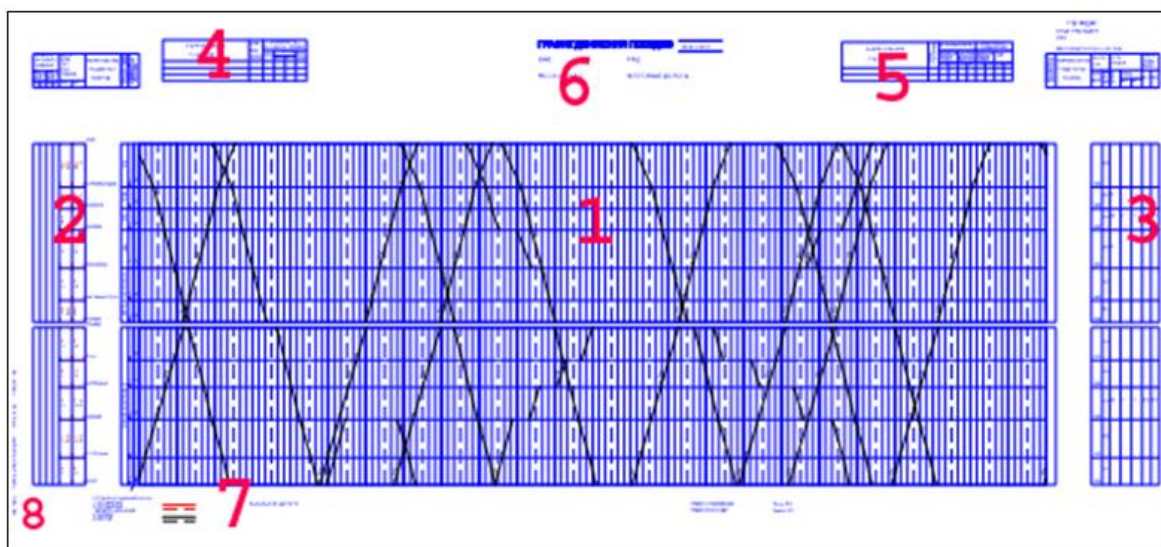


Рис. 4.5. Вигляд аркуша графіка та його основні елементи

Аркуш графіка складається з таких основних елементів (рис. 4.5): 1) власне поле графіка – містить годинну сітку графіка і лінії ходу поїздів; 2) лівобічна таблиця графіка («ліва боковушка»); 3) правобічна таблиця графіка («права боковушка»). У ліву і праву «хатини» заносяться нормативи і показники графіка, необхідні для «читання» аркуша і роботи з ним; 4) таблиця вагових норм у пасажирському русі; 5) таблиця вагових норм у вантажному русі; 6) тема графіка; 7) умовні позначення, підписи і примітки; 8) ідентифікаційний напис.

Графіки руху залежно від швидкостей руху поділяються на:

- паралельні (англ. homogeneous), де всі поїзди одного і того ж напрямку рухаються з однаковою швидкістю, тому лінії їхнього ходу паралельні між собою. Приклад графіка руху паралельного типу наведено на рис. 4.6;

- непаралельні (англ. heterogeneous), де поїзди різних категорій мають різну швидкість (застосовуються на залізницях загального користування (рис. 4.7)). На рис. 4.8 подано фрагменти паралельного і непаралельного графіків руху поїздів.

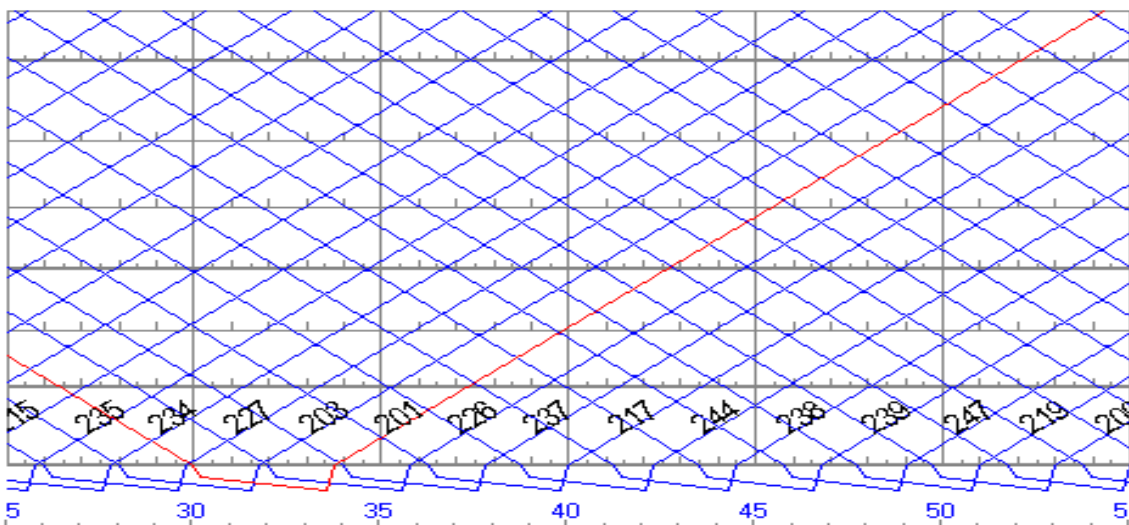


Рис. 4.6. Фрагмент паралельного графіка руху поїздів

Розрізняють також циклічні розклади (англ. cyclic train timetabling), коли відправлення поїздів здійснюється через рівні проміжки часу (регулярний інтервальний рух). Різновидом такого варіанта руху поїздів є система поїздів через нерівні проміжки часу, але які кратні цілій кількості годин (так звана англ. «Even-

time departure system»), коли окремі поїзди відправляються через 1,5 або 3 години (рис. 4.9). Концепція «cyclic train timetabling» використовується у Нідерландах, Австрії, Бельгії, Данії, Німеччини, Великобританії, Норвегії, Швейцарії та ін[46,48,49].

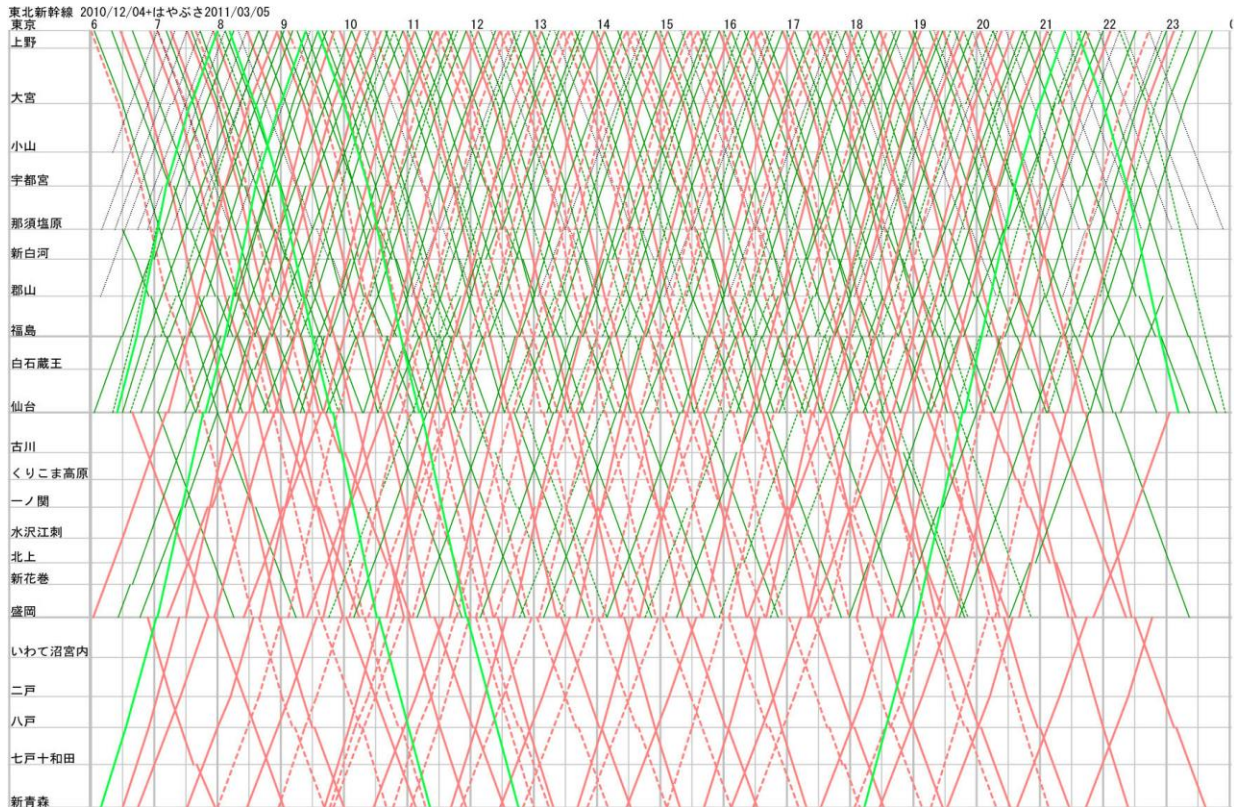


Рис. 4.7. Приклад непаралельності гарфіка руху поїздів на лінії Shinkansen, Японія

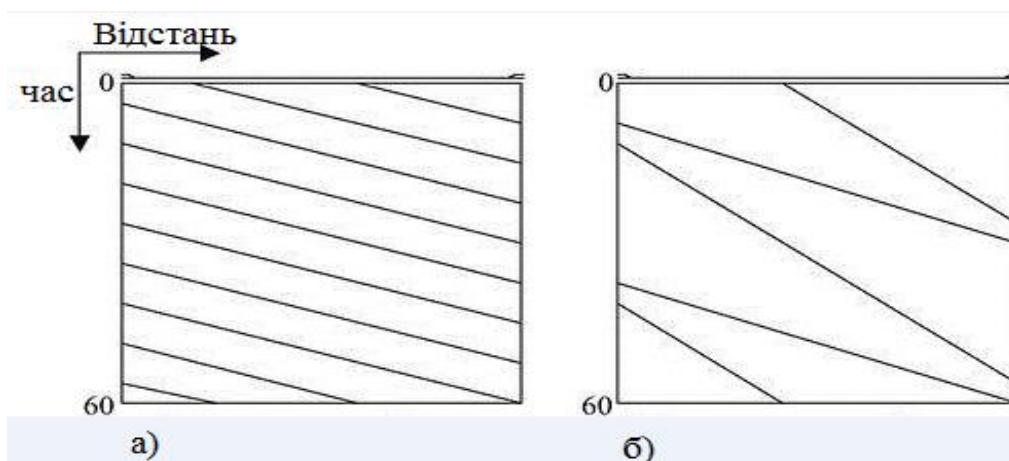


Рис. 4.8. Фрагменти графіка руху поїздів:
а – паралельний; б – непаралельний

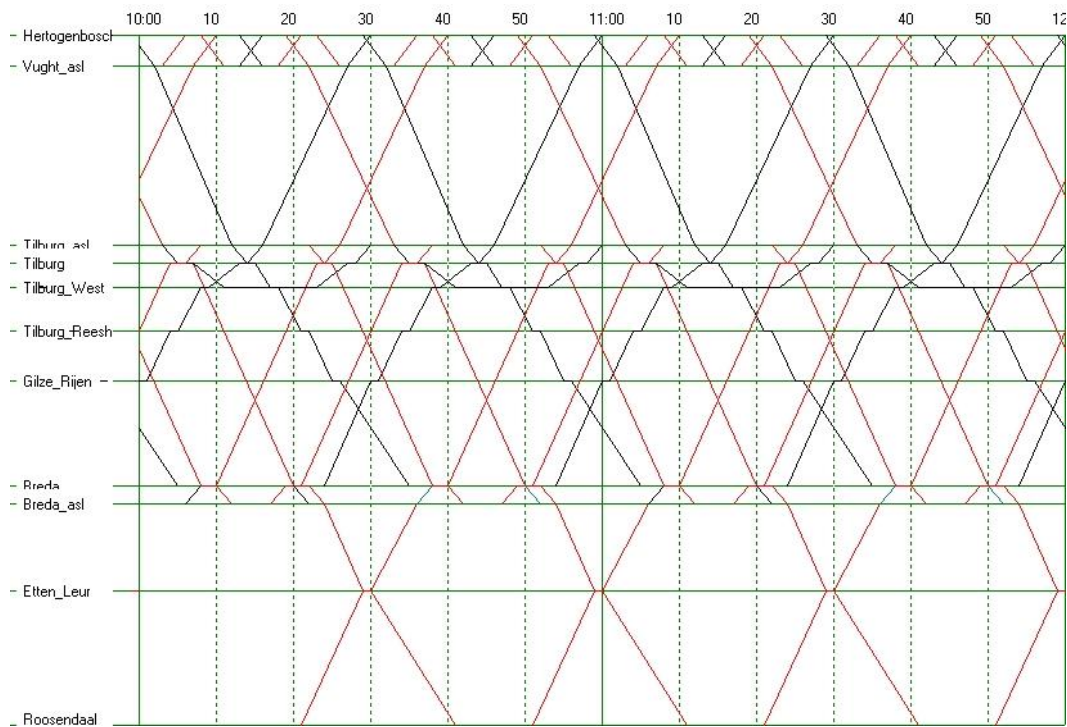


Рис. 4.9. Фрагмент циклічного графіка руху поїздів

Сучасний приклад циклічного графіка руху на високошвидкісній лінії Тайваню подано на рис. 4.10.

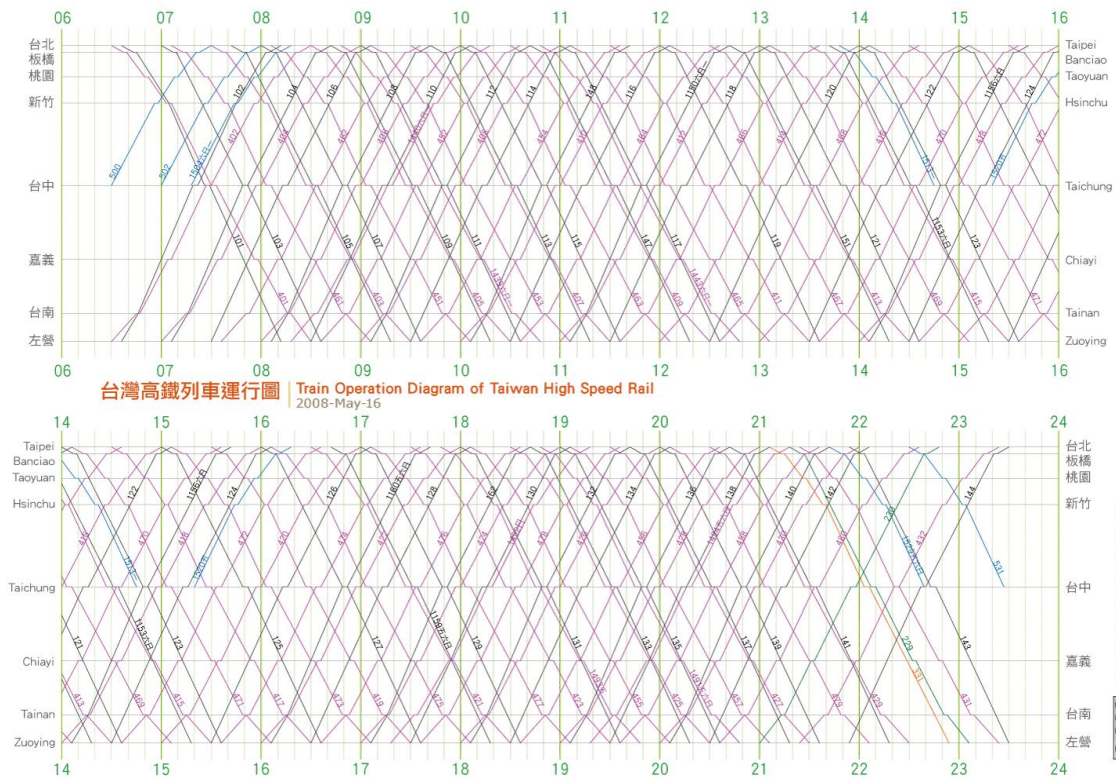


Рис. 4.10. Приклад циклічного графіка руху на високошвидкісній лінії Тайваню

Графіки руху поїздів класифікують за:

1) кількістю головних колій на перегоні:

- одноколійні. На одноколійних дільницях, а отже, і на графіку схрещення поїздів відбувається лише на роздільних пунктах, що мають колійний розвиток (станціях);

- двоколійні. На них лінії ходу поїздів перетинаються на перегонах і станціях;

- багатоколійні. Залежно від прийнятої системи організації руху поїздів окремі колії використовуються для руху поїздів обох напрямків;

2) кількістю поїздів у кожному напрямку:

- парні;

- непарні;

3) порядком проходження поїздів попутного напрямку:

- пачковий – з розділенням поїздів один від одного міжстанційними перегонами;

- пакетний – з розділенням поїздів один від одного міжпостовими перегонами або блок-дільницями;

- частково-пакетний, коли пакетами прокладаються не всі поїзди, а тільки деяка їхня частина [13].

4.1. Станційні і міжпоїзні інтервали на лініях ВШМ, порядок їхнього розрахунку

Станційні і міжпоїзні інтервали є основними елементами графіка руху поїздів, які потрібно розраховувати на залізницях після затвердження допустимих швидкостей руху поїздів по станціях і перегонах за станом колії та локомотивного парку, норм ваги і довжини поїздів, а також проведення тягових розрахунків і отримання їхніх результатів.

Станційний інтервал – це мінімальний необхідний час для виконання операцій з приймання, відправлення або пропуску поїздів через роздільний пункт з колійним розвитком (станція, обгінний пункт або роз'їзд).

Міжпоїзний інтервал – це мінімальний час, за яким розмежовують поїзди під час прямування по перегонах на дільницях, обладнаних автоматичним блокуванням.

Станційні і міжпоїзні інтервали встановлюють виходячи із забезпечення вимог безпеки руху, недопущення зупинок поїздів у вхідних світлофорів роздільних пунктів або уповільнення їхнього ходу, повного і раціонального використання наявних технічних засобів, застосування прогресивної технології та передового досвіду роботи.

На двоколійних і багатоколійних залізничних дільницях руху швидкісних пасажирських потягів розраховують такі станційні та міжпоїзні інтервали [13,42]:

- попутного прибуття (проходження) поїздів;
- попутного відправлення (проходження) поїздів;
- між поїздами на перегонах;
- неодночасного відправлення і зустрічного прибуття поїздів при ворожих маршрутах;
- неодночасного прибуття і зустрічного відправлення поїздів при ворожих маршрутах;
- неодночасного відправлення і попутного прибуття поїздів.

Одним з найбільш важливих міжпоїзних інтервалів при визначенні пропускнуої спроможності ВШМ є інтервал між поїздами, що попутно рухаються один за одним (англ. *minimum headway time*). Точне визначення інтервалу змінюється залежно від використання, але частіше за все вимірюється від початку (голови) одного транспортного засобу до хвоста наступного за ним, яке виражається у вигляді часу, необхідного для транспортного засобу, що рухається позаду за умови нормального руху і безпечної зупинки. На рис. 4.11 подані схеми визначення розрахункової відстані для інтервалу між поїздами на перегонах із їздою на зелений вогонь прохідних світлофорів (використовується на залізницях України) та інтервалу між поїздами на перегонах із їздою на зелений при жовтому вогні прохідних світлофорів згідно з документами *International union of railways (UIC)*.

За UIC, в основі визначення мінімального інтервалу між поїздами на перегонах лежить модель «блок-дільниця-час» (англ. *blocking-time model*) [4]. Основний принцип даної моделі полягає у поділі перегону на блоки або блок-дільниці (англ. *block section*), які розмежовані світлофорами. На одній блок-дільниці може одночасно перебувати тільки один поїзд. Час руху поїзда через перегін розраховується на основі послідовного часу заняття блок-

дільниць. Час початку заняття кожного блока залежить від системи сигналізації та принципів безпеки руху, які використовуються на даному перегоні. Заняття блок-дільниці (block section) можна проілюструвати на тимчасовій діаграмі заняття блоків (англ. blocking time diagram) (рис. 4.12).

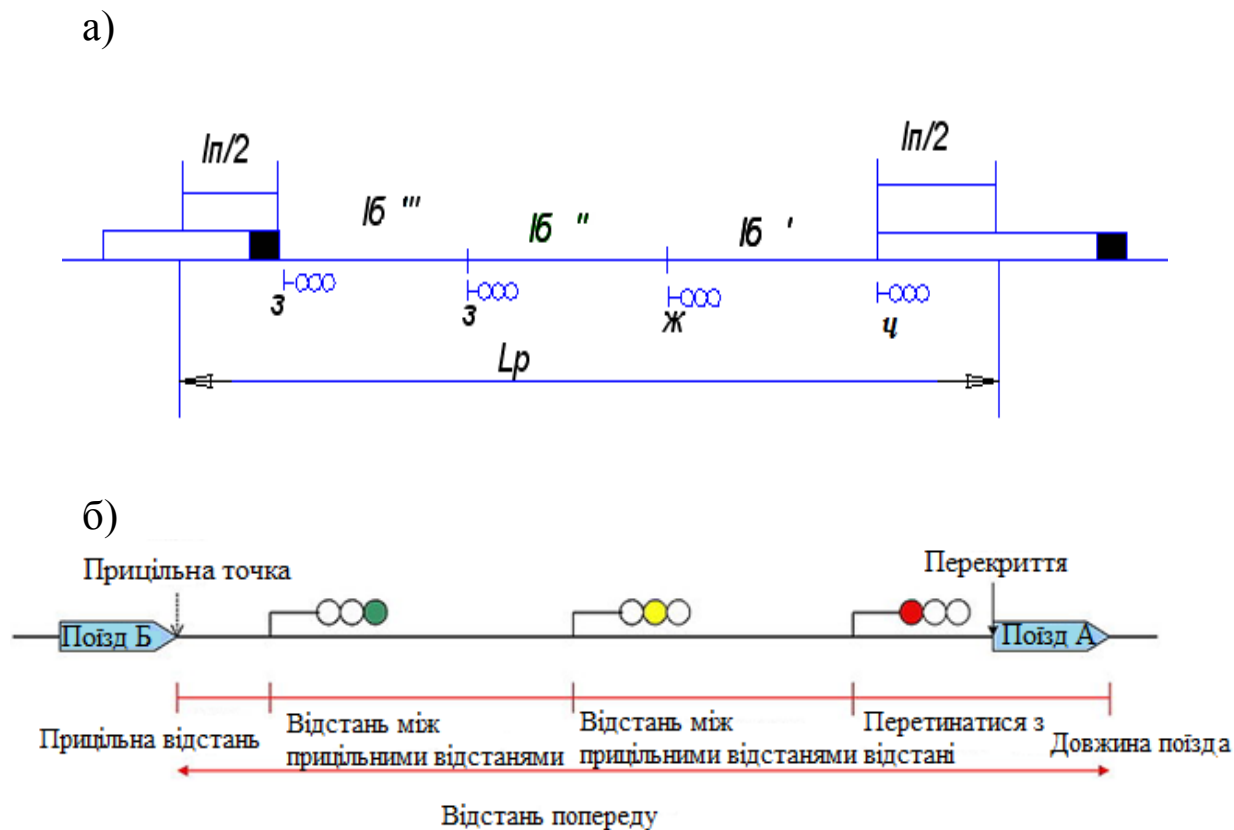


Рис. 4.11. Схема взаємного розташування двох попутних швидкісних поїздів на перегоні: а – за інструкцією на залізницях України; б – за документами UIC

Час заняття однієї блок-дільниці ($s = V_e - V_b$) більше, ніж фактичне (фізичне) заняття блока. Наступні компоненти є елементами часу заняття блок-дільниці:

- час перемикання для формування маршруту і випуску поїзда (англ. switching times). Значення часу цього елемента залежить від системи блокування;

- час реакції для візуального сприйняття показання сигналу. Значення для звичайних сигнальних систем складають 0,2 хв (англ. reaction time);

- час зближення для переміщення між віддаленим (повторювальним) сигналом і основним сигналом А (англ. approaching time);
- час фізичного заняття (англ. physical occupation time);
- час для звільнення маршруту, необхідний для проходження основного сигналу В і хвоста поїзда до точки контролю на колії (залежно від довжини поїзда) (англ. clearing time).

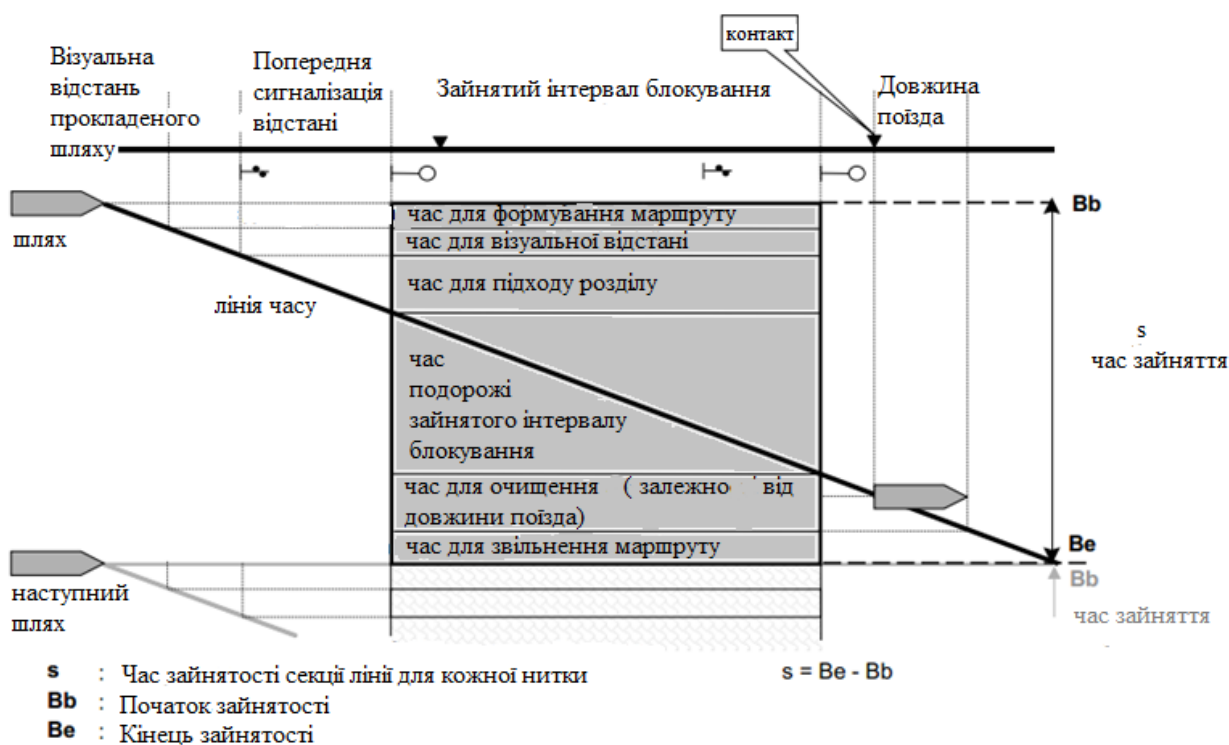


Рис. 4.12. Схематичне зображення часу заняття однієї блок-ділянки

Мінімальний інтервал між поїздами на перегонах (англ. the minimum headway time) є відстанню у часі між двома поїздами, яка дозволяє прямувати поїзду без зниження швидкості і з можливістю зупинитися.

Міжпоїзний інтервал для всього перегону визначається на основі розрахунку схем взаємного розташування двох попутних швидкісних поїздів на блок-ділянках. Із знайдених значень всіх схем заняття блок-ділянок приймається найбільший інтервал. Цей інтервал є розрахунковим для всього перегону і повинен закладатися у графік руху поїздів.

Для визначення мінімального інтервалу між поїздами на тимчасовій діаграмі заняття блок-дільниць прокладаються нитки руху поїздів з урахуванням торкання зайнятих блок-дільниць між собою. У такому випадку мінімальним інтервалом є час від початку моменту заняття першої блок-дільниці першим поїздом до початку моменту заняття першої блок-дільниці другим поїздом (рис. 4.13).

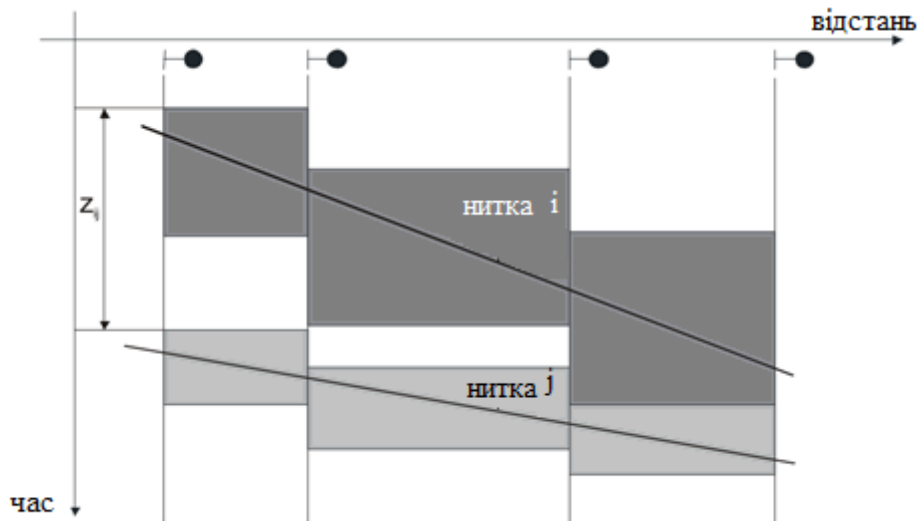


Рис. 4.13. Схематичне зображення міжпоїзного інтервалу при визначенні для всього перегону

Підхід на основі моделі «блок-дільниця – час» можна адаптувати для будь-якої системи сигналізації. Розглянемо порядок визначення мінімального інтервалу між поїздами на перегонах для системи ETCS різних рівнів[24,26].

Перший ступінь оснащення ETCS (level 1). Перший ступінь ETCS актуальний для дільниць, які не мають сучасних пристроїв автоматичної локомотивної сигналізації. У ньому до традиційних засобів контролю місця розташування поїзда (рейковими колами або лічильниками осей) додаються два керованих сигналом приймачі-відповідачі Eurobalise третього типу: один – безпосередньо біля світлофора, а другий – на відстані гальмівного шляху до нього. Вони керуються встановленим у сигналі спеціальним пристроєм LEU. Для підвищення безпеки системи, а також зниження енерговитрат на ведення поїзда приймачі-відповідачі доповнюють підключеним до LEU шлейфом Euroloop (рис. 4.14).

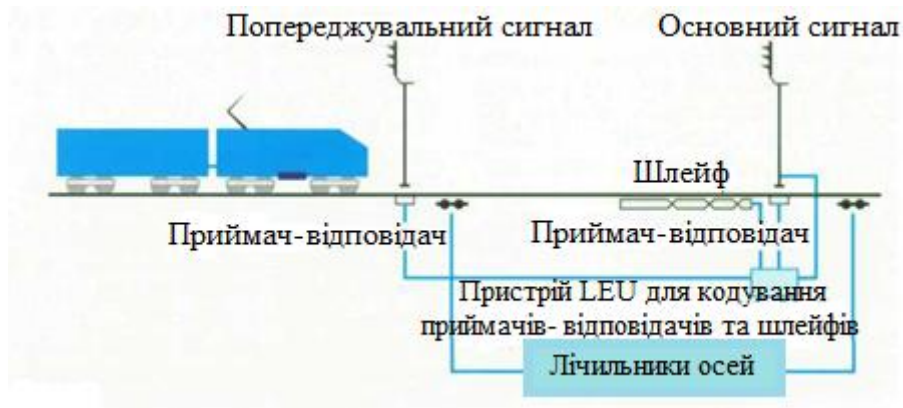


Рис. 4.14. Схема системи сигналізації ETCS (level 1)

ETCS першого рівня відноситься до традиційної системи сигналізації. Точка контролю (англ. balise) не повинна розташовуватися безпосередньо у повторювальному сигналі, але може бути позаду за сигналом. Точка контролю повинна визначати відстань, за яку поїзд може зупинитися із найгіршими характеристиками. Залежність часу зближення поїзда від повторювального сигналу до основного від кривої гальмування наведена на рис. 4.15[24].

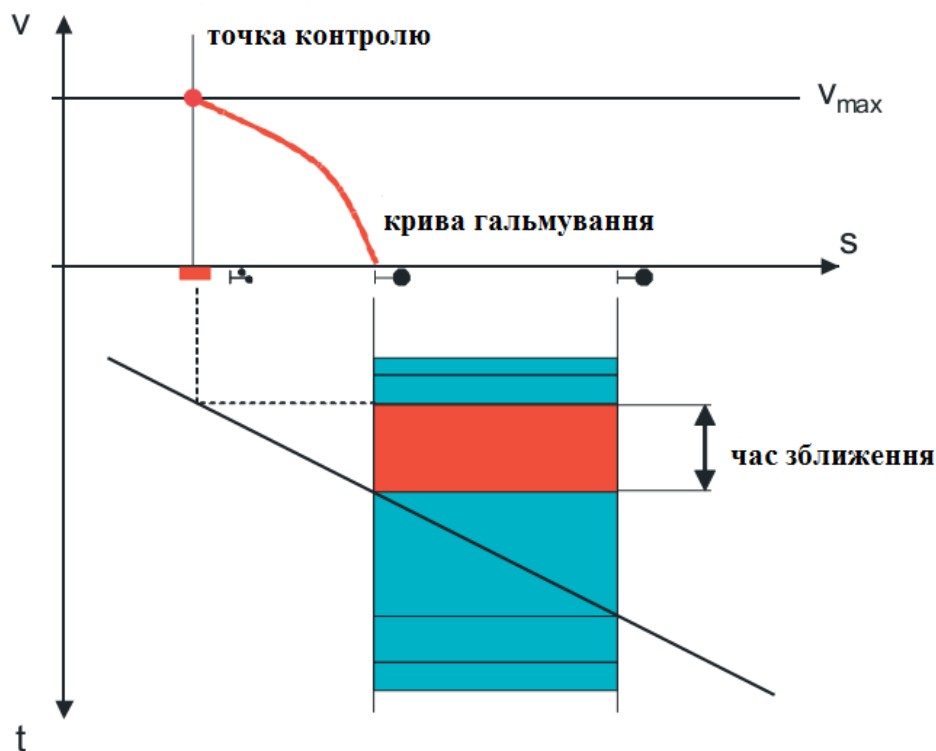


Рис. 4.15. Схема розташування точки контролю і час зближення у системі ETCS (level 1)

Потрібно відзначити, що крива гальмування залежить від типу локомотива (рухомого складу) і маси поїзда, а це означає, що міжпоїзний інтервал може бути різним.

Другий ступінь оснащення ETCS (level 2). У ETCS на другому рівні відомості про поїзну ситуацію передаються на локомотив безперервно по радіосистемі GSM-R. Приймачі-відповідачі третього типу, шлейфи точкової АЛС і блоки LEU можуть бути демонтовані. Поїзди фіксують своє місце розташування за допомогою приймачів-відповідачів першого типу, встановлених на шляху через певну відстань (рис. 4.16). У проміжках між ними поїзд визначає свою позицію за показниками датчика колії. Інформація про місцезнаходження поїзда після проїзду приймача-відповідача передається по радіоканалу на центральний пост. На другому ступені ETCS зберігаються традиційні пристрої контролю місця розташування поїзда (рейкові кола і лічильники осей), а передача на пост ординати локомотива використовується поки тільки як додаткове джерело інформації. У той же час команди АЛС, що надходять по радіоканалу, повідомляють на поїзд основну інформацію про дозвану швидкість руху. Зберігаються на цьому етапі світлофори, передбачені як резерв. Керування рухом поїздів на данному етапі, як і раніше, здійснюється за допомогою фіксованих блок-діляниць.

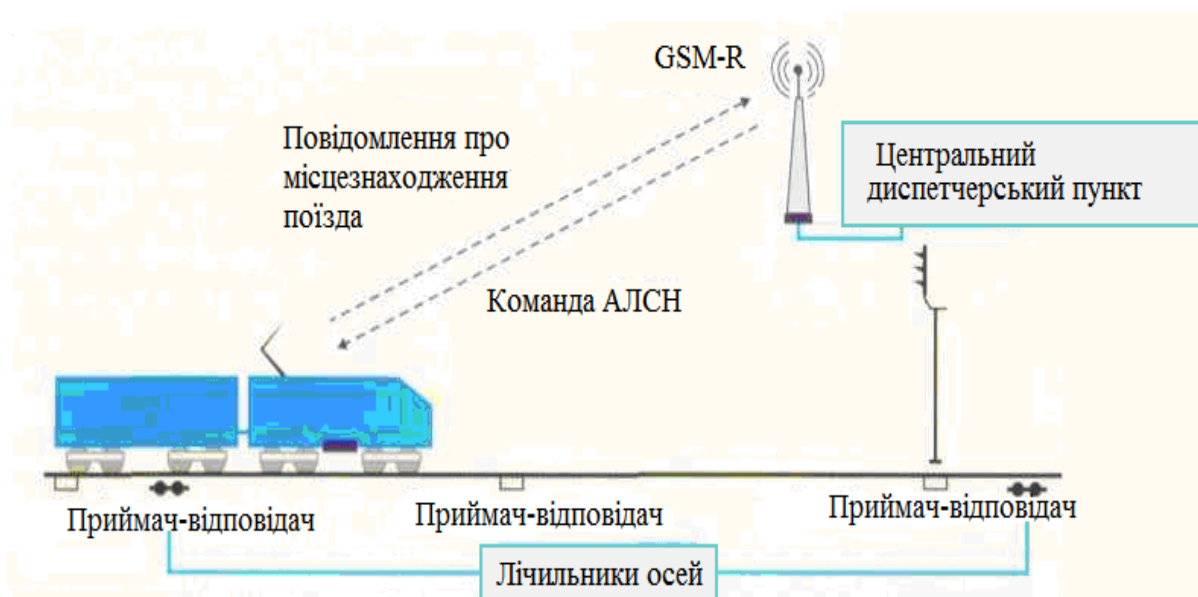


Рис. 4.16. Схема системи сигналізації ETCS (level 1)

Як система сигналізації з фіксованими блок-дільницями, ETCS другого рівня повністю залежить від точки контролю і кривої гальмування (рис. 4.17).

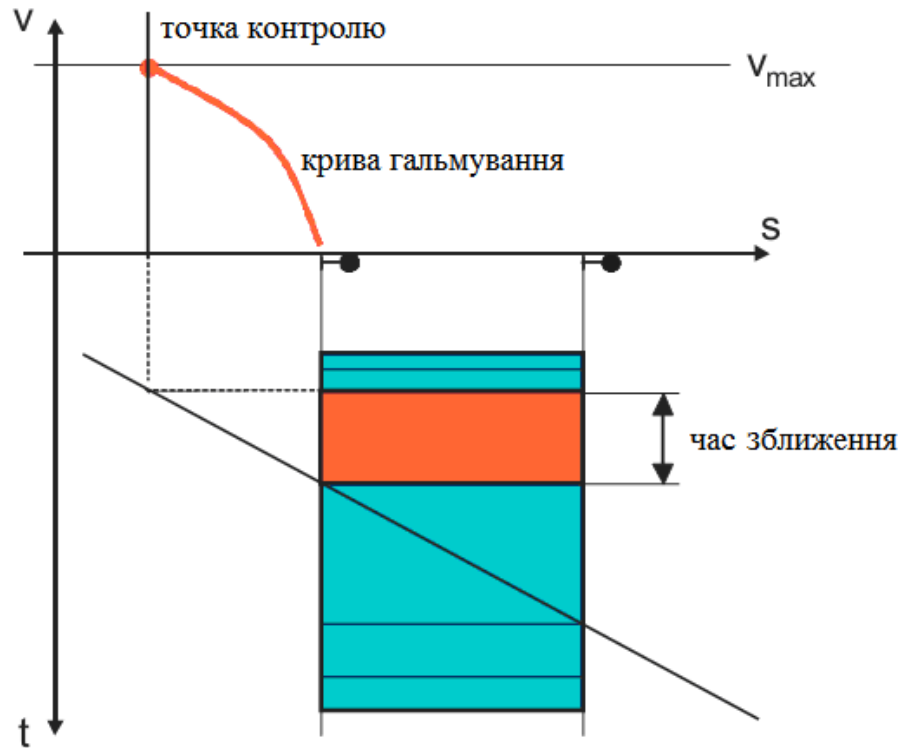


Рис. 4.17. ETCS другого рівня: оцінка на тимчасовій діаграмі заняття блоків

Третій ступінь оснащення ETCS (level 3). Інтервальне регулювання руху поїздів на третьому етапі здійснюється виключно по радіоканалу. Традиційні пристрої контролю місця розташування рухомого складу більше не застосовуються, локомотив встановлює свою позицію за допомогою вимірника шляху, який коректується приймачами-відповідачами. Для контролю цілісності і довжини складу передбачений внутрішньопоїзний радіоканал. Попутне проходження поїздів на останньому етапі ETCS буде здійснюватися з інтервалом, відповідним довжині гальмівного шляху, що значно підвищить пропускну спроможність дільниці. Сигнали не будуть використовувати через відсутність фіксованих блок-дільниць (рис. 4.18)[23,25].



Рис. 4.18. Схема системи сигналізації ETCS (level 3)

ETCS третього рівня належить до систем сигналізації з блок-ділянцями, що переміщуються (англ. moving block-signalling system). Дана система сприймається як можливий спосіб збільшити пропускну спроможність мережі в ключових вузлах, де існуюча система сигналізації для фіксованих блок-діляниць, як вважають, є стримуючим чинником, оскільки зазвичай така система сигналізації оптимізується на характеристики гіршого поїзда. На третьому рівні інтервал оптимізується під кожен конкретний поїзд, який їде попереду. Безперервний процес формування інтервалу можна схематично подати у вигляді дискретного часу заняття перегону (рис. 4.19)[30].

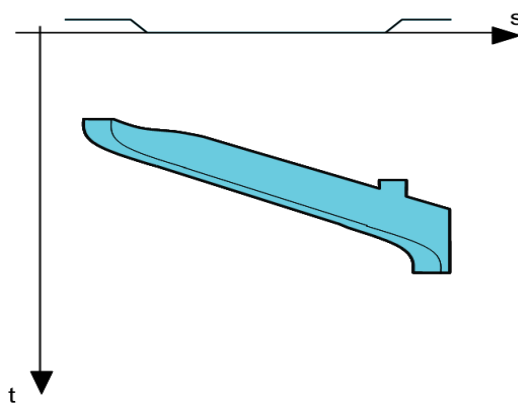


Рис. 4.19. Схема заняття перегону в системі сигналізації з блок-ділянцями, що переміщуються

Для цілей моделювання рухливий блок можна розглядати як змінну в процесі руху дискретно ступінчасту послідовність заняття блоків (рис. 4.20).

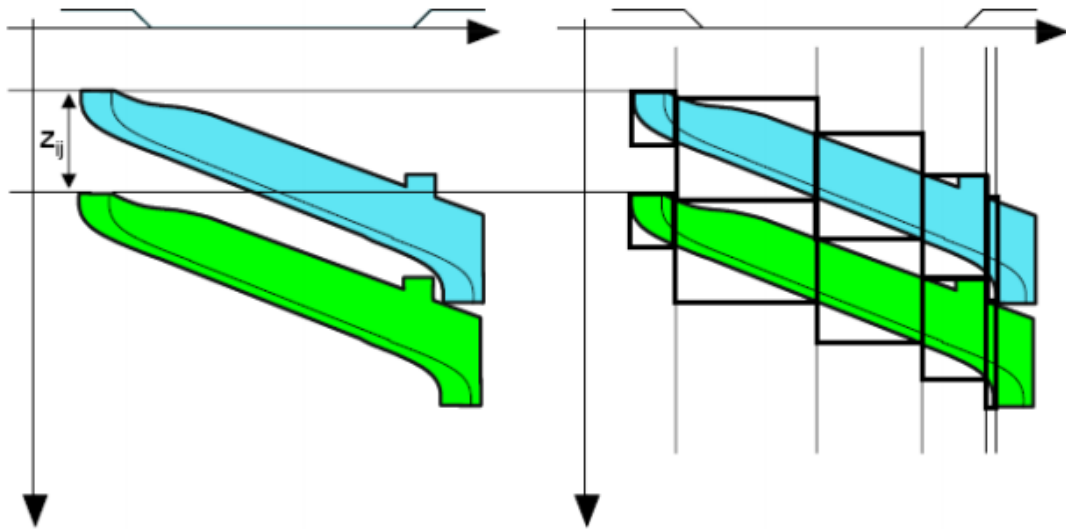


Рис. 4.20. Схема дискретного зображення заняття перегону в системі сигналізації з блок-ділянками, що переміщуються

При блок-ділянках, які переміщуються, положення поїзда і його гальмівна крива безперервно перераховується на маршруті руху, що дозволяє поїздам прямувати один за одним у межах гальмівного шляху. На рис. 4.21 схематично наведені відмінності між системою сигналізації з фіксованими блок-ділянками і блок-ділянками, що переміщуються. Для підвищення безпеки система розраховує безпечну область (англ. Limit of Movement Authority (LMA)) до найближчого поїзда або перешкоди (позначена дужками на рис. 4.21)[31].

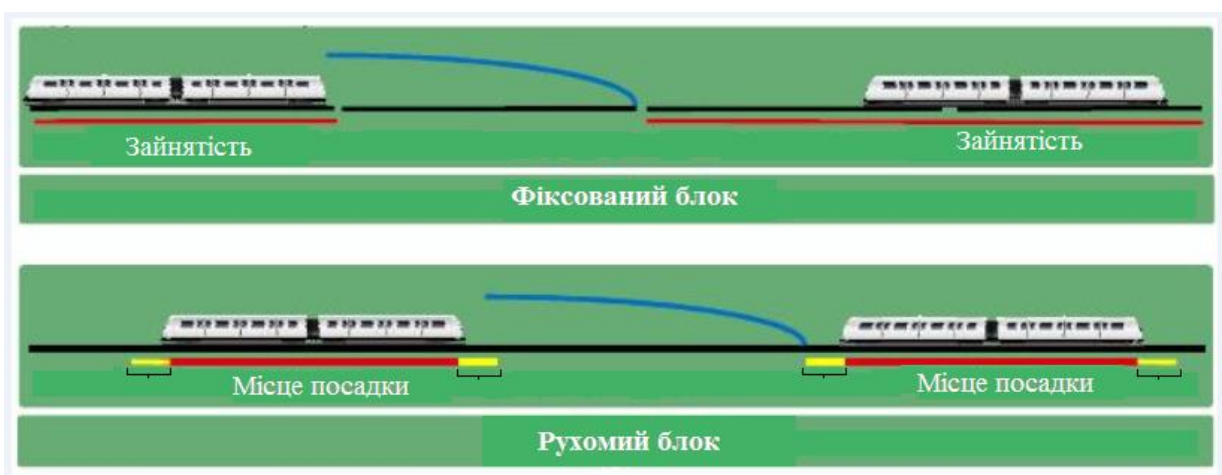


Рис. 4.21. Безпечна відстань (безпечний гальмівний шлях) між поїздами в системі сигналізації з фіксованими блок-ділянками та блок-ділянками, що переміщуються

За дослідженнями, інтервал між поїздами при швидкості руху 300 км/год на високошвидкісній залізничній лінії, яка обладнана системою ETCS другого рівня, можна уявити у вигляді залежності «відстань-швидкість» (рис. 4.22).

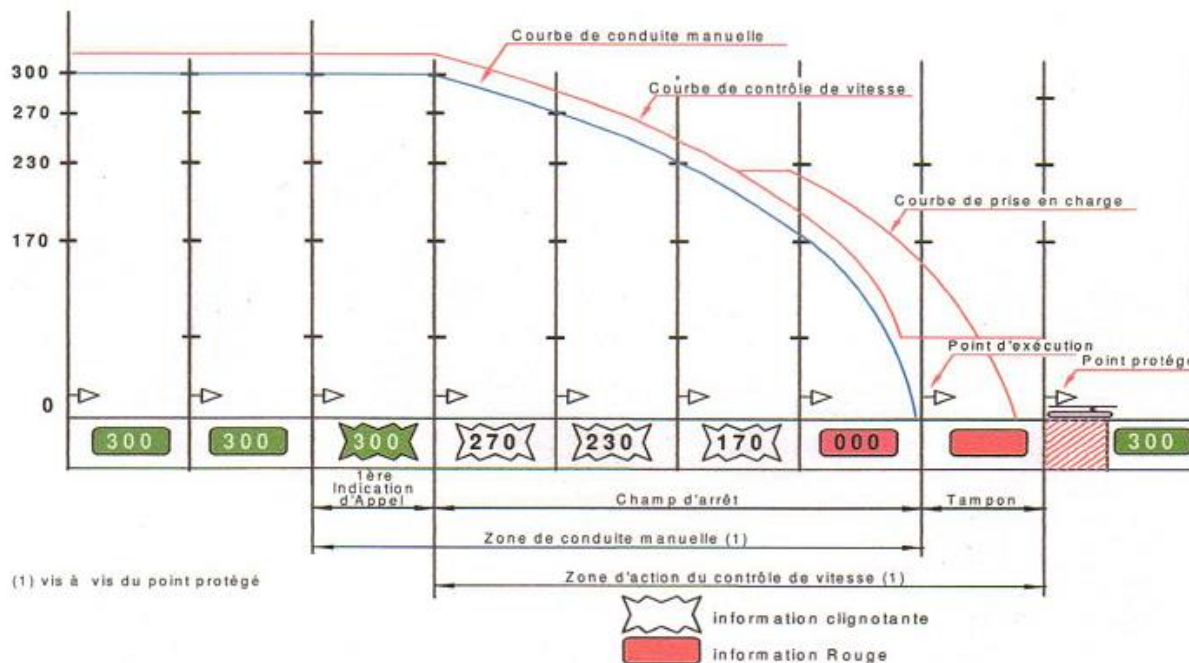


Рис. 4.22. Інтервал між поїздами при швидкості руху 300 км/год

4.1.1. Методики визначення резерву часу (буфера) для розрахунку часу ходу високошвидкісних поїздів

Для зменшення можливості поширення затримки між поїздами додатково до мінімального інтервалу між поїздами додають буферний час, який підвищує час інтервалу і тим самим зменшує доступну пропускну спроможність. Головним завданням є знаходження такого значення буферного часу, яке б зберігло якомога більше пропускну спроможність за умови забезпечення заданої точності руху. Важливість буферного часу і зміни проходження поїздів у графіку руху показано на рис. 4.23.

Відстань між двома пунктирними лініями зображує час буферизації, у той час як крива – реальний розподіл змін кінця проходження блок-дільниці першим поїздом (зліва) і реальним початком часу заняття тієї ж блок-дільниці другим поїздом. Область перетину цих кривих є ймовірністю для другого поїзда, щоб побачити жовтий сигнал, а отже, описує вірогідність

конфлікту, що призведе до підвищення строку служби блок-дільниці і затримки. При використанні малого часу буфера ймовірність конфлікту вище, бо площа поля перетину стає більше. Оскільки площа кривої є функцією зміни часу проходження поїзда, то визначення часу буфера, щоб отримати низьку ймовірність конфлікту, повинно бути оцінено з урахуванням очікуваних розподілів.

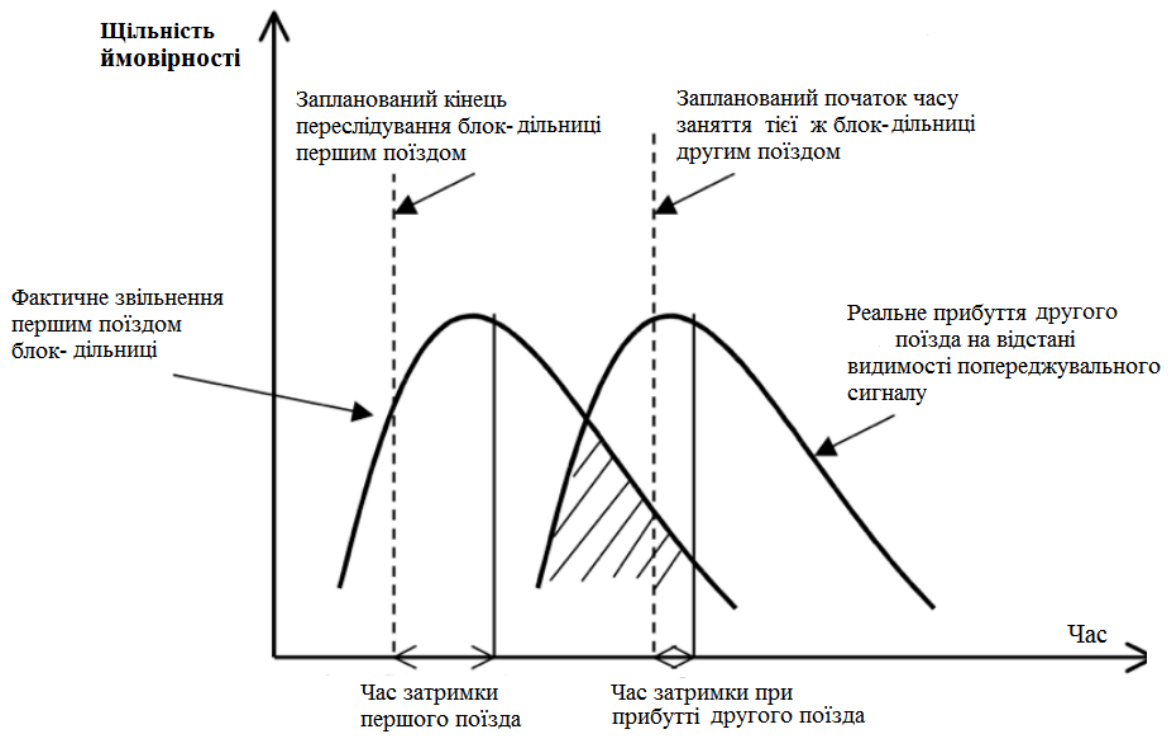


Рис. 4.23. Відношення між часом буфера та ймовірністю конфліктів

Незважаючи на ключову роль, яку відіграє буферний час у розробленні розкладів, найчастіше на практиці багато операторів використовують ряд емпіричних правил, це пов'язано з уже отриманою у багатьох країнах високою надійністю розкладу при певній щільності руху поїздів.

Вводиться буферний час або між кожним поїздом, або глобально за умови, що його загальний час дозволить забезпечити експлуатаційну надійність графіка руху. Зазвичай буфер часу (t_b) встановлюється між будь-якою парою поїздів, що прямують один за одним по розрахунковій залізничній лінії (див. рис 4.24, ліва частина). Буферний час дозволяє знизити ризик

передачі затримки між поїздами [7]. Такий спосіб введення у розклад буфера часу застосовується при непаралельному графіку руху.

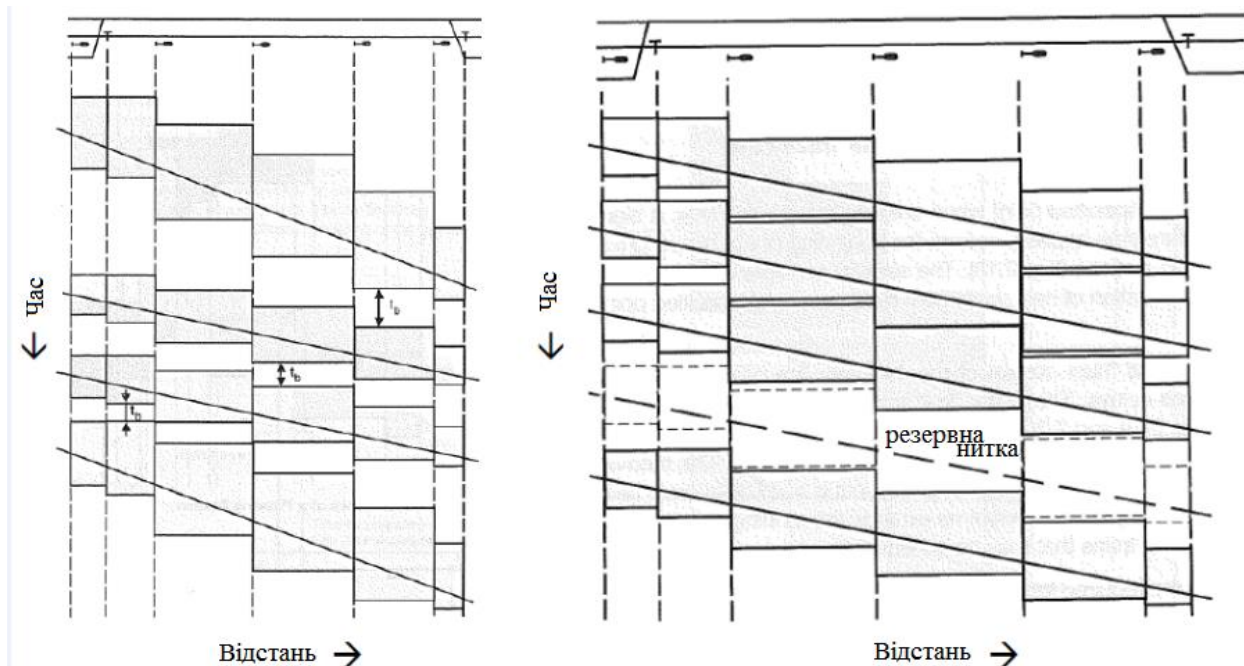


Рис. 4.24. Схематичне зображення буфера часу t_b (зліва) і буферної нитки (праворуч) між поїздами

На високошвидкісних лініях з однорідним поїздопотокком з високим завантаженням буферний час між поїздами зводиться до досягнення більш короткого інтервалу між поїздами, а замість цього вводиться буферна нитка. (див. рис. 4.24, права частина). Якщо відбувається інцидент, у результаті чого виникають невеликі затримки, поїзди прямуватимуть у подальшому згідно з порядком, встановленим ГРП. Але в той же час, маючи одну буферну нитку, можливо поглинути затримку в графіку, перш ніж вона пошириться у залізничній системі.

4.2. Теорія і практика розроблення графіка руху на ВШМ. Вихідні дані і порядок складання

Основою організації залізничних пасажирських перевезень є графік руху поїздів, складений одночасно для всієї мережі, який вводиться в дію один раз на рік у грудні для міжнародних

пасажирських поїздів і в травні для внутрішньодержавного сполучення і перевезень між країнами СНД. Розклад пасажирських поїздів, як правило, розробляється на два-три роки, а для урахування сезонних коливань завжди розробляється на літній період і коригується на зимовий.

При складанні графіка руху пасажирських поїздів на ділянках з поєднаним вантажним рухом першочерговим завданням є нанесення ліній ходу пасажирських поїздів з можливістю незначного коригування розкладу при виникненні конфліктних ситуацій під час здійснення прокладання ліній ходу вантажних поїздів [8]. Кількість пасажирських поїздів приймається відповідно до результатів розрахунку плану їхнього формування.

Графік руху пасажирських поїздів повинен забезпечувати:

- повне задоволення населення у перевезеннях;
- високу швидкість руху, прискорення обігу складів з метою раціонального використання рухомого складу;
- раціональне поєднання пасажирського руху з вантажним;
- пріоритетне прокладання міжнародних поїздів, узгодженість підведення і безумовне забезпечення технології обробки поїздів на прикордонних станціях;
- відправлення, прибуття і проходження поїздів через великі міста у зручний для пасажирів час;
- узгоджене підведення пасажирських поїздів різних напрямків на вузлових станціях;
- організацію, якщо можливо, безпересадочних сполучень, обхід завантажених вузлів і зон напруженого приміського руху;
- узгодження руху далеких, місцевих і приміських поїздів;
- узгодження руху пасажирських поїздів на залізничному транспорті з іншими видами транспорту.

Розроблення нових і коригування діючих розкладів здійснюється у три етапи:

1) аналіз діючих розкладів пасажирських поїздів на напрямку і визначення точок прибуття і відправлення поїздів по головній (визначальній) станції напрямку, наприклад, Київ, Харків, прикордонні станції;

2) розроблення принципової схеми (ескізу) графіка руху поїздів для основних напрямків мережі з додаванням

схематичних графіків обороту пасажирських складів, узгодження точок переходу із залізниці на залізницю (на технічних нарадах технологів залізниць в УЗ);

3) детальне прокладання пасажирських поїздів по дільницях (на нарадах технологів в УЗ та на залізницях).

Порядок і строки розроблення графіка руху поїздів оголошуються ПАТ «Укрзалізниця». Причетні головні управління ПАТ «Укрзалізниця» розглядають і затверджують у рамках адміністрації. Залізницями і дирекціями залізничних перевезень подаються такі матеріали для складання графіка руху поїздів: відомість допустимих швидкостей руху поїздів по перегонах і станціях; схеми розміщення локомотивного парку, дільниць роботи локомотивних бригад і гарантійних плечей обслуговування рухомого складу; завдання за розмірами пасажирського і вантажного руху; норми ваги і довжини поїздів; норми технічної та дільничної швидкості, середньодобового пробігу локомотивів. Графік руху складається на всій мережі по окремих дільницях. Процедура складання графіка руху поїздів на мережі залізниць передбачає децентралізований порядок розроблення з ув'язкою розкладів руху поїздів між різними дільницями та залізничними підрозділами (залізницями). Нитки поїздів, що мають пріоритет – міжнародні пасажирські, наскрізні вантажні і т. д., узгоджуються по стикових станціях залізниць на нараді інженерів-технологів по складанню графіка. Після визначення встановлених точок переходу транзитних поїздопотоків між кордонами залізничних підрозділів на мережі здійснюється деталізація ГРП по кожній дільниці з урахуванням дільничних поїздопотоків. За розроблення графіка руху на кожній дільниці, що входить до залізничного напрямку, відповідають інженери-технологи по складанню графіка відповідної залізниці, які працюють у відділі розроблення та аналізу графіка руху поїздів.

Як правило, інженер-технолог по складанню графіка має навички і практичний досвід розроблення ГРП на закріпленій за ним ділянці. В таких умовах навіть у межах залізниці розроблення ГРП проводиться послідовно по дільницях з узгодженням наскрізних ниток. Схематична структура складання графіка руху поїздів зображена на рис. 4.25.

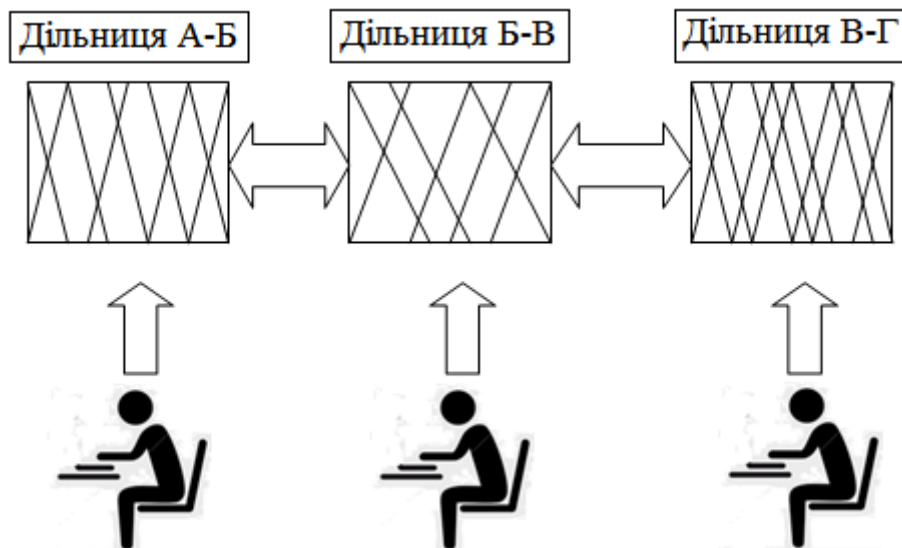


Рис. 4.25. Схема складання графіка руху високошвидкісних поїздів на залізничній мережі

На першому етапі Департамент пасажирських перевезень далекого сполучення, Головне пасажирське управління (ЦЛ) окремо по кожній нитці пасажирського поїзда визначає час відправлення (прибуття): зберегти або змінити в новому графіку.

На другому етапі ЦЛ, Департамент керування рухом (ЦД) Головний інформаційно-обчислювальний центр (ГІОЦ) ПАТ «Укрзалізниця» на підставі завдання УЗ та пропозицій залізниць розробляє для основних напрямків мережі принципову схему (ескіз) графіка руху пасажирських поїздів, яка являє собою скорочене зображення прокладання пасажирських поїздів всіх категорій (крім приміських) по спеціально виділених на напрямку станціях. До переліку станцій, для яких здійснюється прокладання, повинні включатися: великі пасажирські станції; станції, на яких здійснюється технічне обслуговування пасажирських поїздів; вузлові станції, за якими здійснюється відхилення далеких пасажирських поїздів; пункти міждержавних переходів.

Скорочені прокладання пасажирських поїздів на виділеному напрямку повинні виконуватися відповідно до пріоритетності пасажирських поїздів. При прокладанні поїздів нижчих категорій схема прокладених раніше поїздів переважно зберігається.

Виходячи із встановленого часу прямування поїздів будується схема обороту їхніх складів, визначається час відправлення і прибуття поїздів обох напрямків по початковій і

кінцевій станціях маршруту прямування, проходження певних технічних станцій, стиків між залізницями, пунктів переходу на залізниці інших держав і станцій з інтенсивним рухом приміських поїздів і час перепричеплення вагонів (у разі їхньої наявності) інших поїздів.

На третьому етапі після розроблення, погодження і затвердження скороченої схеми пропуску пасажирського поїзда здійснюється детальне постанційне прокладання поїздів на ділянках. Прокладання пасажирських поїздів на графіку відбуватиметься різними способами. Як правило, складання графіка руху пасажирських поїздів на напрямку проходить послідовно, починаючи з головної станції, прокладанням ниток обох напрямків із здаванням на сусідню дирекцію. Для перевірки відповідності сформованого розкладу прибуття і відправлення поїздів технічним оснащенням станцій, на яких здійснюється зупинка і пропуск поїздів, складається графік заняття станційних колій, що передбачає розміщення складів по коліях таким чином, щоб виключити «ворожість» маршрутів, навіть у випадках незначних запізнь поїздів.

На основі розробленого і затвердженого графіка руху складаються службові розклади пасажирських поїздів і тиражуються розклади руху пасажирських поїздів для ознайомлення пасажирів.

4.3. Ув'язка схем обороту високошвидкісних поїздів на лініях ВШМ. Графік обороту високошвидкісних поїздів

Графік обороту складається з урахуванням забезпечення норм часу простою складів високошвидкісних поїздів в основному й оборотному депо під технічними операціями та на станціях основного й оборотного депо після прибуття і відправлення. Графічне зображення обороту дозволяє наочно визначити його знаходження у будь-який момент часу доби і тим самим встановити точну кількість складів, необхідну для обслуговування заданих розмірів руху.

Графік обороту складів високошвидкісних поїздів відрізняється від графіка обороту складів далекого і місцевого проходження тим, що для обслуговування одного прямого поїзда

потрібно кілька складів, іноді до 5 і більше, при організації обороту високошвидкісних поїздів навпаки, один склад обслуговує кілька поїздів.

Графік обороту розробляється у процесі побудови графіка руху поїздів. На аркуш паперу наноситься сітка із зазначенням по горизонталі годин доби, потім послідовно проектують нитки ходу поїзда і час стоянок на станціях (основне депо, пункти обороту тощо). Рух потягів з поїздами на графіку обороту зображується суцільними горизонтальними лініями, на кінцях яких вказують час відправлення і прибуття у хвилинах або секундах, а також умовні позначення станцій, між якими обертається склад. Кількість горизонтальних ліній на графіку обороту показує кількість складів, необхідних для пересування поїздів за добу (рис. 4.26).

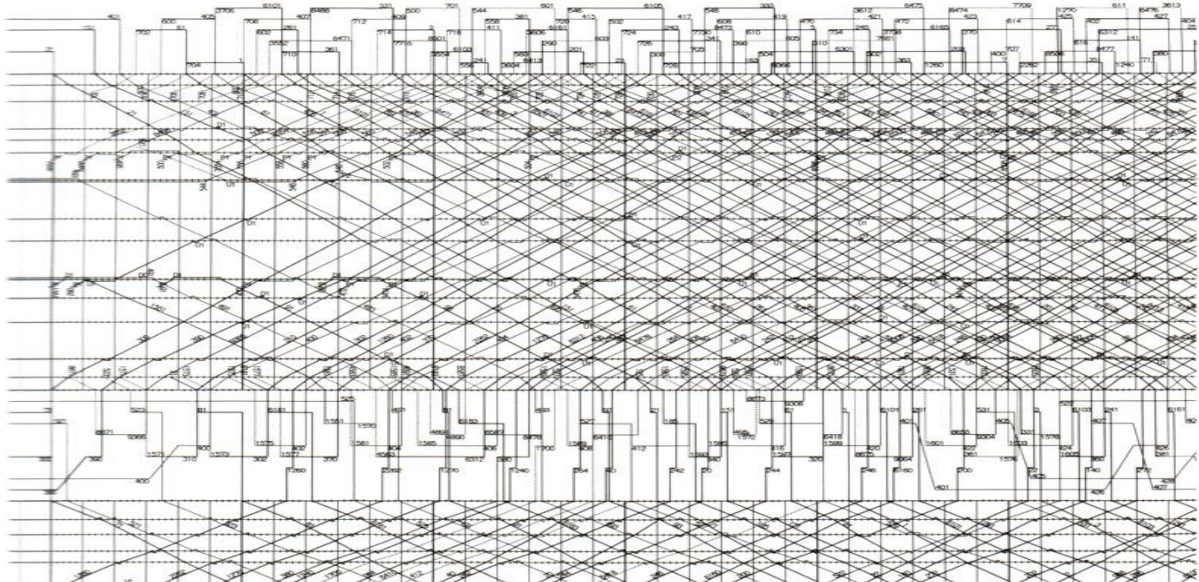


Рис. 4.26. Фрагмент графіка схем обороту високошвидкісних пасажирських поїздів на залізницях Японії

Від правильності складання схеми обороту складів пасажирських поїздів залежить не тільки можливість реалізації запланованого графіка руху поїздів, а й кількість необхідного рухомого складу. У практичній реалізації використовуються такі цикли обороту пасажирських складів:

- формування-оборот-формування (Ф-О-Ф) – найбільш поширений варіант;

- формування-оборот-оборот-формування (Ф-О-О-Ф) або Ф-О-О-О-Ф – більш складні варіанти, але дозволяють підвищити ефективність використання рухомого складу.

Для першого варіанта циклу обороту складів можна застосувати схему «групової ув'язки» при обслуговуванні на маршруті двох і більше поїздів (рис. 4.27).

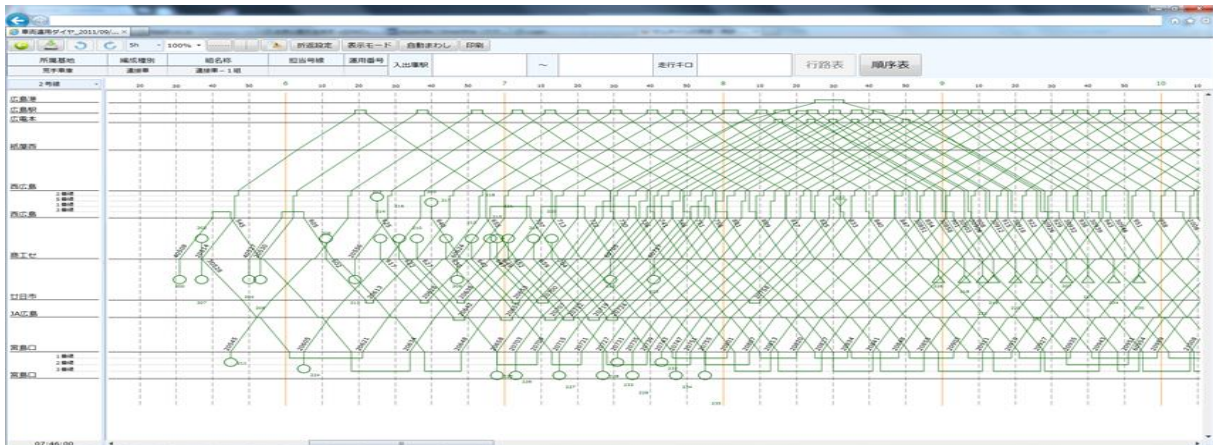


Рис. 4.27. Оборот складів із застосуванням схеми «групової ув'язки» на залізницях Японії

Значне скорочення потреби в вагонах може бути досягнуто при обслуговуванні одними і тими ж складами групи поїздів, що прямують в одному або декількох напрямках. Зменшення потреби в складах при такому груповому прикріпленні до потягів досягається за рахунок скорочення простою на станціях обороту.

Другий варіант циклу обороту можливий при організації «об'єднаного обороту» (так звана змінна ув'язка схем обороту або кільцювання складів), згідно з яким склад формування одного пункту залізниці прикріплюється до поїздів різних призначень, що мають однакову схему формування. Організація об'єднаного обороту надає можливість ефективного використання складів. На рис. 4.28–4.29 подано два варіанти ув'язки схем обороту складів високошвидкісних пасажирських поїздів на лінії Сінкансен.

Для розроблення схем обороту пасажирських складів широко використовуються програмні комплекси, які дозволяють візуалізувати процес складання схеми обороту (рис. 4.30). Крім того, такі програми дозволяють визначати найбільш оптимальні схеми обороту в автоматичному режимі. Після проведених розрахунків завжди існує можливість внести зміни на основі експертних рішень інженерів.

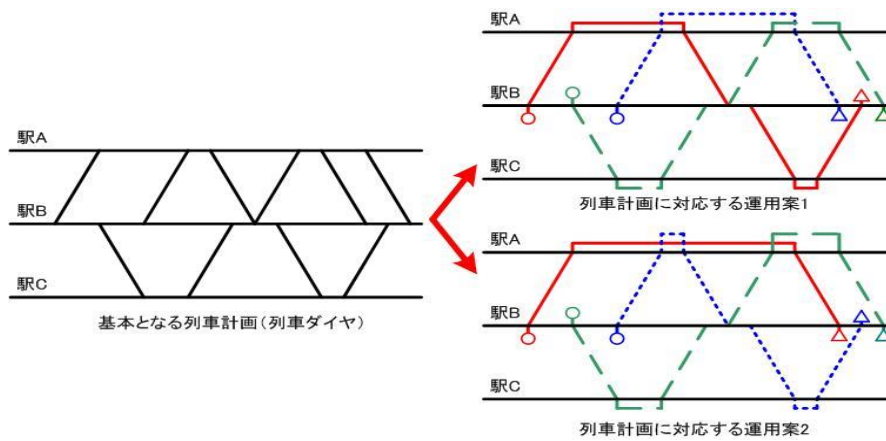


Рис. 4.28. Приклади ув'язки схем обороту складів високошвидкісних пасажирських поїздів на лінії Сінкансен

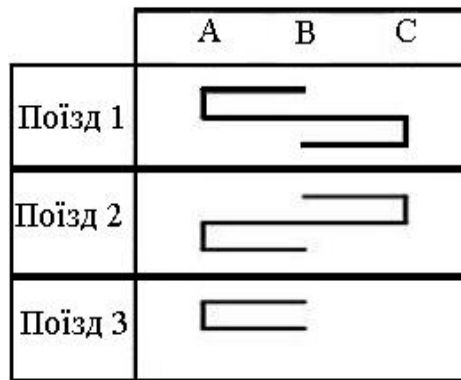


Рис. 4.29. Приклад візуалізації схем обороту складів: по горизонталі – номер складу; по вертикалі – станції обороту складів

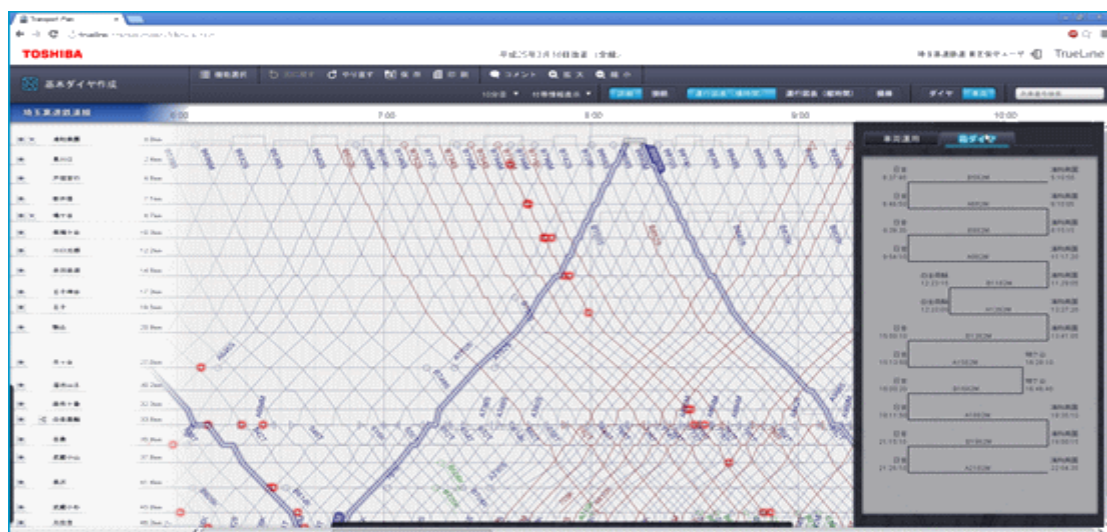


Рис. 4.30. Візуалізація робочої області програми по складанню схем обороту високошвидкісних поїздів на залізницях Японії

Для оптимізації обороту поїздів необхідно враховувати вибір платформ прибуття і відправлення на станціях їхнього обороту. Тут доцільно звернутися до досвіду залізниць Японії. Так, на центральному вокзалі в Токіо 16-вагонний поїзд Осака-Токіо, пройшовши шлях протяжністю 515 км, вже через 12 хв готовий до відправлення (рис. 4.31).

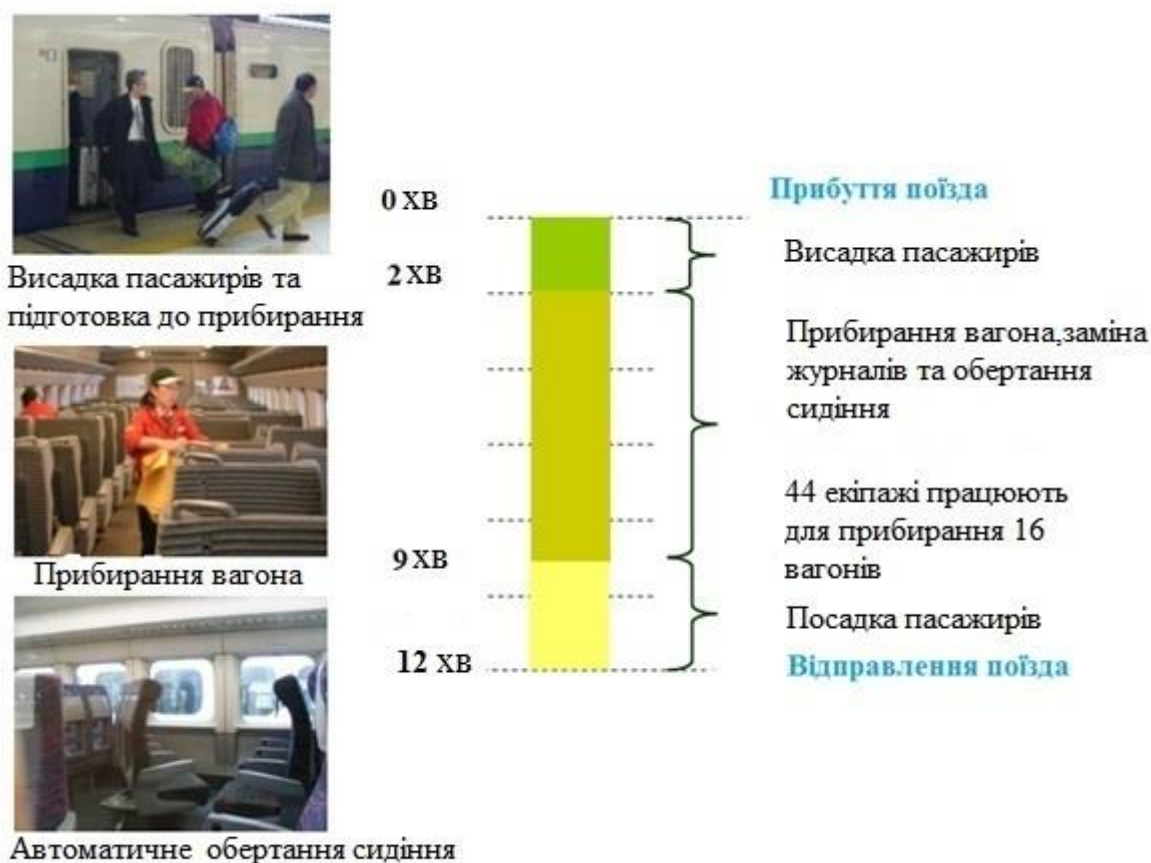


Рис. 4.31. Оборот складу на станції Токіо

Обмеженням для організації обороту високошвидкісних поїздів є кількість приймально-відправних колій на станціях відправлення та обороту поїздів. На залізницях Франції, як правило, встановлюється час приблизно 30 хв між прибуттям TGV і його початком роботи з пасажирами.

Крім підв'язування схем оборотів складів, існують варіанти схем обороту складів поїздів, при яких поїзди з'єднуються між собою і на якійсь ділянці шляху проходження переміщуються як єдиний поїзд. Одним з таких прикладів є схема експлуатації поїздів на лінії міні-Сінкансен [44,45]. На фірмовому маршруті

Цубаса від Токіо до Фукусіми поїзди серії 400 прямують у зчепленні з поїздами Сінкансен серії 200 зі швидкістю до 240 км/год (рис. 4.32). На станції Фукусіма два поїзди роз'єднуються, для чого на поїздах серії 400 (головний вагон з боку Токіо) і серії 200 (головний вагон з боку Сендая) змонтовані автоматичні зчіпні пристрої типу Scharfenberg, що закриваються розсувними кожухами-обтічниками. Після роз'єднання поїзд серії 200 продовжує рух далі по лінії Тохоку Сінкансен у бік Сендая, а поїзд серії 400 іде на відгалуження – лінію Ямагата міні-Сінкансен у бік Ямагати з максимальною швидкістю 130 км/год.

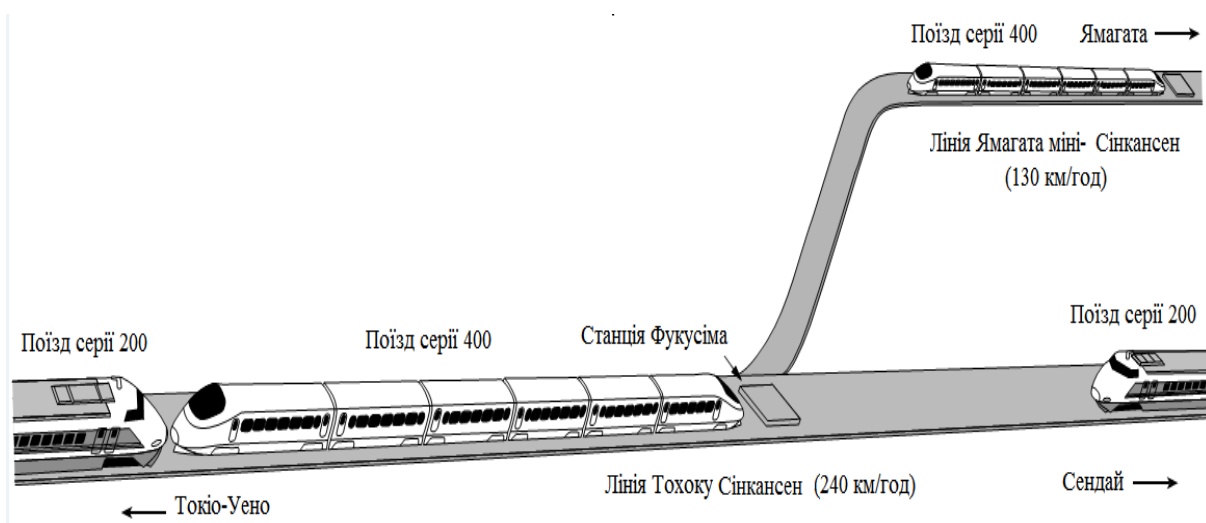


Рис. 4.32. Схема обороту електропоїздів серій 200 і 400 на лінії Тохоку Сінкансен

4.4. Автоматизація побудови графіка руху високошвидкісних поїздів

За значимістю вирішуваних завдань і їхньою складністю технологічний процес розроблення нормативного графіка руху поїздів займає одне з перших місць у ряді найважливіших завдань планування та керування роботою мережі високошвидкісних поїздів. По суті вся експлуатаційна діяльність високошвидкісних залізниць полягає у виконанні нормативного графіка руху поїздів (ГРП). Процес створення ГРП є трудомістким, важкоформалізованим, а його складання навіть досвідченими інженерами-графістами не завжди призводить до оптимального результату. Розроблення нормативного графіка руху або його

коригування інженером-графістом вимагає багато часу. Потрібно вирішити ряд завдань: безпечний пропуск поїздів, що займають одну горловину або приймально-відправну (головну) колію, планування і погодження розкладів у залізничних вузлах, розрахунок інтервалів часу, які забезпечать пропуск високошвидкісних поїздів з мінімальними затримками та ін. Таким чином, розрахунок графіка руху поїздів є багатоваріантним комбінаторним завданням. Тому для розрахунку ГРП, близького до оптимального, доцільно використовувати сучасні комп'ютерні технології і засоби обчислювальної техніки.

4.4.1. Оцінювання обчислювальної складності завдання автоматизації розрахунку графіка руху високошвидкісних поїздів

Проблема розрахунку ГРП є складним і трудомістким завданням у разі реалізації для реальних залізничних мереж. Побудова ГРП головним чином полягає у тому, щоб відшукати для кожного поїзда послідовність проходження 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 побудова графіка руху поїздів на одноколійній дільниці. У разі 50 конфліктних ситуацій у ГРП кількість можливих варіантів графіка становить $W = 2^{50} \approx 11,3 \cdot 10^{14}$. Якщо для оцінювання одного варіанта потрібно виконати всього 100 операцій, то загальна обчислювальна робота при швидкості розрахунків ЕОМ 10 млн операцій за секунду займе близько 400 років. Це доводить, що при великих значеннях знаходження оптимального графіка простим перебиранням неможливо, навіть при використанні найбільш швидкодіючої ЕОМ.

У разі розроблення парного одноколійного паралельного графіка для заданої кількості поїздів при неповному використанні пропускної спроможності це завдання не має однозначного

вирішення, а кількість варіантів за умови рівномірного розміщення ліній ходу поїздів на графіку є дуже важливою. Наприклад, якщо висловити кількість перетинів наближено через довжину дільниці $L = 250\text{км}$, дільничну швидкість $v_{dil} = 40\text{ км/год}$ і кількість пар поїздів $N = 20$, $R = \frac{LN^2}{12v_{yc}} = \frac{250 \cdot 20^2}{12 \cdot 40} = 208$, то кількість варіантів ГРП складе $W = 2^{208} \approx 10^{63}$.

Завдання розрахунку ГРП є NP – повним щодо кількості конфліктів у розкладі [10-12], тобто неможливо побудувати такий алгоритм, час роботи якого зростає не швидше, ніж поліном від розміру вихідних даних. Таким чином, повний перебір буде займати величезну кількість часу. Спираючись на доказ NP – повноти завдання методом звуження, який полягає у встановленні того, що завдання розрахунку ГРП включає до себе як окремий випадок відоме NP – повне завдання, можна стверджувати про приналежність даного завдання до класу NP. При такому підході завдання розрахунку ГРП може розглядатися як завдання теорії розкладів, що підтверджується різними варіантами постановки як завдання потокового планування (англ. flow shop) у багатьох роботах. У рамках різних досліджень доведено, що завдання потокового календарного планування відноситься до класу NP – повних завдань. Отже, таке завдання може бути зведено до одного з шести основних NP – повних завдань – завдання розбиття [27,29].

Тому завдання розрахунку ГРП, навіть теоретично, не може мати ефективних алгоритмів, які можуть знайти оптимальне рішення. Методом повного перебирання варіантів це завдання вирішити також неможливо, бо для цього потрібен колосальний обсяг обчислювальних ресурсів. Тому немає сенсу витратити зусилля на пошуки таких алгоритмів, які б могли вирішити дане завдання точно, а потрібно розглянути можливість створення такого алгоритму, за допомогою якого можна було б знаходити ГРП, близький до оптимального протягом розумного тимчасового інтервалу і який можна було б реалізувати у вигляді комп'ютерної програми. Оскільки точне вирішення завдання для реального залізничного полігону неможливо, на залізницях розробляються програмні комплекси, які використовують

евристичні алгоритми. Евристичні алгоритми – це алгоритми вирішення завдань, які не гарантують знаходження оптимального рішення, але можуть мати достатній рівень потужності з точки зору збіжності і якості отриманих рішень.

4.4.2. Комплекс задач, пов'язаних із розробленням графіка руху поїздів

Процес складання ГРП формується з окремих завдань, більшість з яких не може бути вирішено ізольовано, бо не буде оптимального рішення в цілому[47]. Тому на залізницях створюються спеціальні програмні комплекси для централізованого розроблення графіка руху поїздів, що дозволяють не порушувати зв'язку між складовими завданнями, опис яких наведено нижче.

Перелік завдань, що вирішуються при автоматизації розроблення графіка руху поїздів і його нормативної бази:

- отримання та обробка заявок на прокладання «ниток» графіка всіх категорій поїздів, у тому числі і високошвидкісних поїздів;

- збір, обробка та аналіз вихідних даних для розрахунку нормативів і елементів графіка для мережі залізниць;

- розрахунок нормативів і елементів графіка руху;

- розробка нормативного графіка всіх категорій на мережі;

- передача розробленого і затвердженого нормативного графіка в Центр керування перевезеннями для виконання;

- розрахунок техніко-економічних показників розроблених варіантів графіка;

- організація електронного обміну інформацією із суміжними інформаційними і керуючими системами;

- підготовка пропозицій щодо зміни схем тягового обслуговування, технології обробки поїздів, ремонту колії, штучних споруд, пристроїв електропостачання, СЦБ і зв'язку;

- підготовка до тиражування аркушів графіка, книг службового розкладу та інших нормативно-довідкових матеріалів.

Автоматизоване розроблення графіків руху поїздів на мережі залізниць України і Росії централізовано й організовано за допомогою програмного комплексу «АРМ графіста». Програма «АРМ графіста» призначена для керування завданнями й інформаційними ресурсами (аркуши графіка, нормативні дільниці,

варіанти побудови графіка, описувачі, полігони), пов'язаними з процесом розроблення графіка руху поїздів.

Головне вікно програми «АРМ графіста» містить (рис. 4.33–4.34): 1) панель інструментів (головна панель кнопок керування); 2) область даних; 3) панелі вибору режиму роботи; 4) область шляху; 5) швидкий доступ до категорій даних; 6) рядок стану; 7) індикатор отримання нової пошти; 8) панелі керуючих кнопок (індивідуально для кожного режиму роботи).

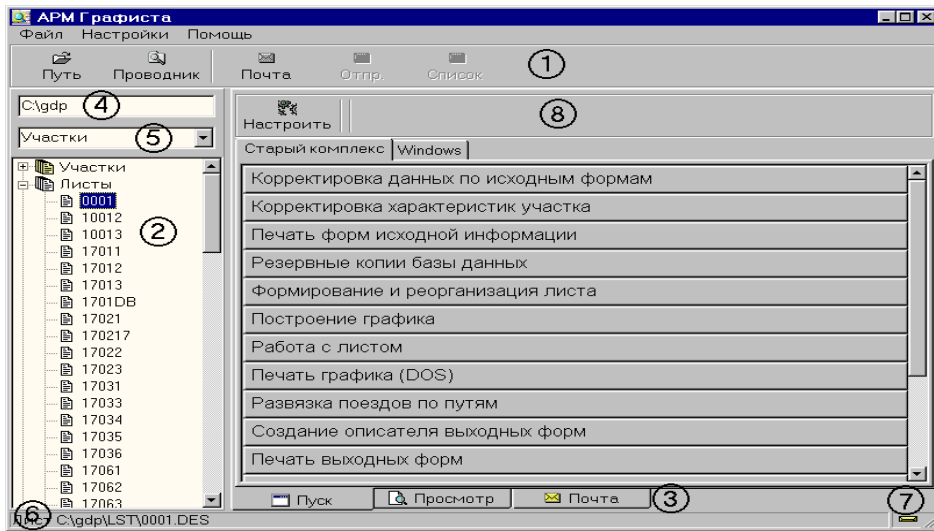


Рис. 4.33. Интерфейс главного меню программного комплекса «АРМ графіста»

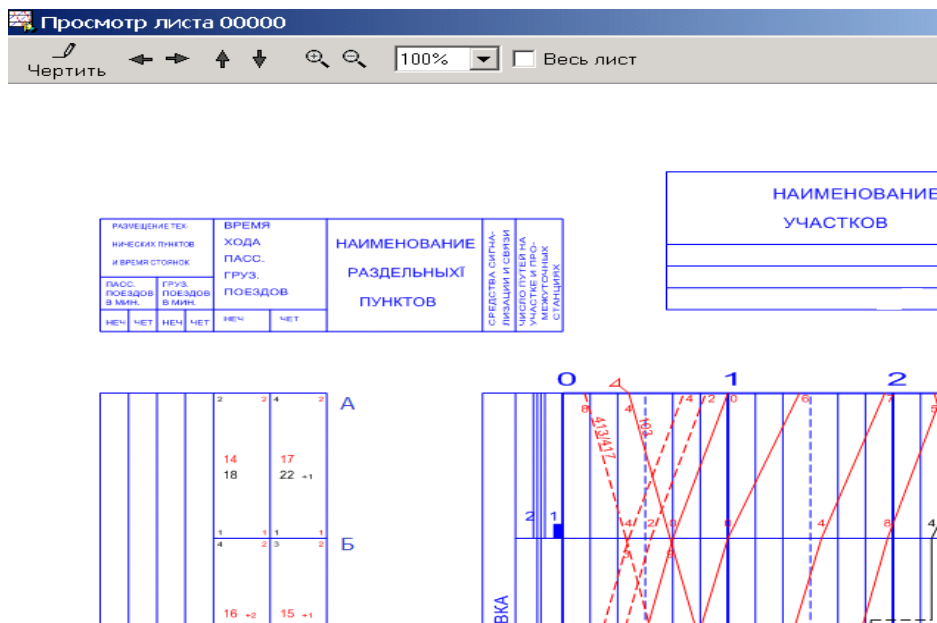


Рис. 4.34. Интерфейс вікна для перегляду аркуша графіка в програмному комплексі «АРМ графіста»

Створення комплексної системи централізованого розроблення графіка руху поїздів і його нормативної бази ставить такі цілі:

- автоматизоване розроблення графіка руху поїздів і його нормативної бази;
- зниження експлуатаційних витрат залізниць за рахунок своєчасного приведення нормативного графіка руху поїздів відповідно до наявних на ринку транспортних послуг кон'юнктури і попиту;
- підвищення прибутку від перевезень за рахунок надання вантажовідправникам і пасажиром більш широких можливостей для прискорення доставки вантажів і скорочення часу знаходження на шляху прямування;
- скорочення трудомісткості і строків розроблення як самого графіка, так і його нормативної бази за рахунок автоматизації основних технологічних процесів побудови графіка.

4.4.3. Графік руху високошвидкісних поїздів з урахуванням пересадок пасажирів

В умовах створення мережі високошвидкісних залізничних ліній, зберігаючи при цьому другу залізничну мережу для «низької швидкості» пасажирських перевезень, важливим є забезпечити пересадку пасажиропотоків для оптимізації подорожі пасажирів. Для реалізації пересадок пасажирів у графіку руху поїздів передбачають варіанти пересадок. Найбільш ефективним варіантом є пересадка з одного напрямку руху на інший, що здійснюється переходом на інший бік тієї ж платформи, а не переходом на іншу станцію або платформу, так звана кросплатформенна пересадка (рис. 4.35).

Для покращення і підтримки якості процесу пересадок потрібне оптимальне планування і контроль стикування поїздів на станціях пересадки. Найбільш важливим завданням є синхронізація ниток графіка руху поїздів по всіх пересадочних станціях залізничної мережі. Під синхронізацією розкладу руху поїздів розуміється взаємне регулювання часу прибуття і відправлення окремих поїздів на станціях пересадки. Оптимальним вважається графік руху поїздів, коли середній час пересадки між поїздами на мережі є найменшим.

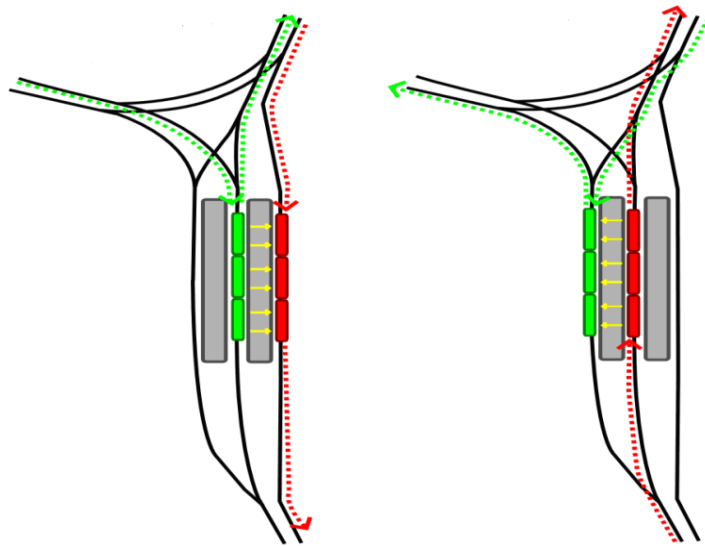


Рис. 4.35. Схема кроссплатформенної пересадки

Забезпечення запланованих пересадок у графіку руху поїздів ускладнюється їхніми можливими затримками в часі. Для виключення варіантів зриву пересадки за умови виникнення незначних затримок поїздів до загального часу пересадки на станції додають так званий буферний час пересадки (англ. transfer buffer time) [11, 22] (рис. 4.36).

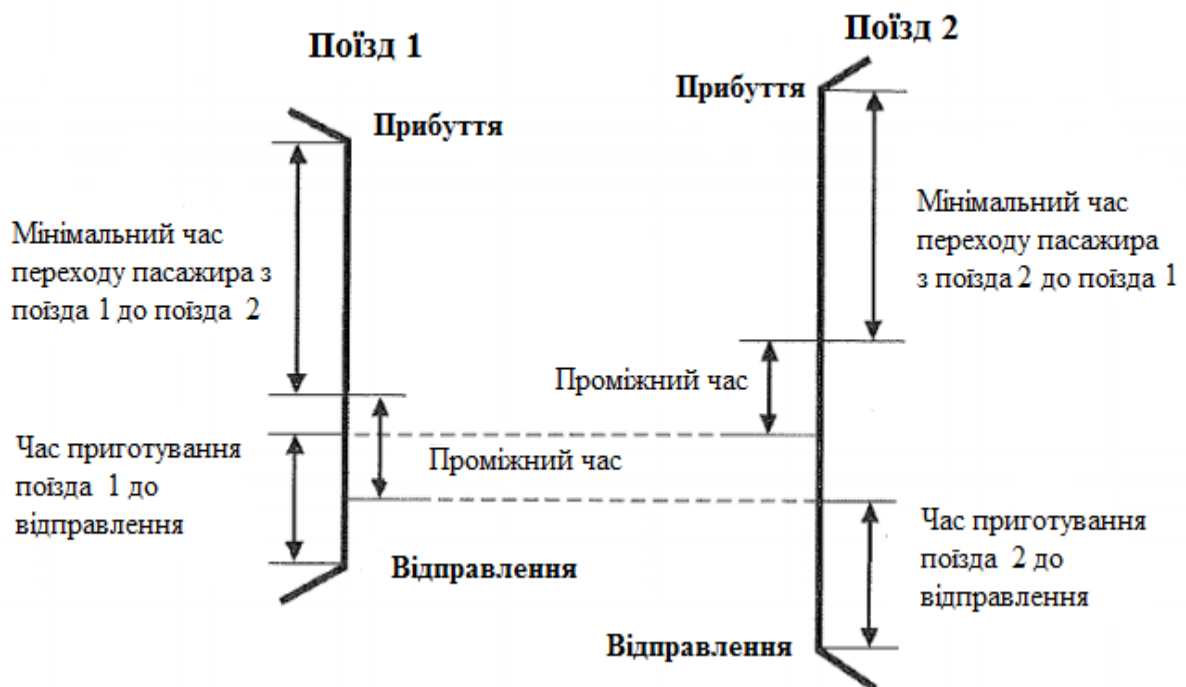


Рис. 4.36. Визначення буферного часу для забезпечення пересадки між двома поїздами

З одного боку, збільшення буферного часу призводить до підвищення часу заняття колії на станції пересадки, а також збільшує загальний час руху поїзда на маршруті. Однак з іншого боку, буферний час дозволяє забезпечити високу надійність графіка руху поїздів. У таких умовах при розробленні ГРП важливим є визначити раціональний буферний час пересадки, щоб забезпечити задану надійність графіка руху.

4.5. Показники графіка руху поїздів на ВШМ

За розробленим графіком розраховуються показники, які діляться на кількісні та якісні. До кількісних показників відносяться:

- 1) розміри руху пасажирських поїздів;
- 2) поїздо-кілометри і поїздо-години;
- 3) локомотиво-кілометри і локомотиво-години (окремо по пасажирському руху).

До якісних показників належать:

- 1) технічна і дільнична швидкість пасажирських поїздів;
- 2) середньодобовий пробіг локомотива і середній оборот пасажирських складів;
- 3) маршрутні швидкості пасажирських поїздів.

Також одним з основних показників, який використовується в аналізі виконання ГРП, є пунктуальність (англ. *punctuality*) – це відсоток поїздів, які прибувають у межах певного відхилення від планованого часу прибуття або відправлення [17, 18]. Беручи до уваги, що в основі взаємодії компанії, яка керує інфраструктурою, і компаніями-перевізниками, лежать контракти на виконання нормативного розкладу проходження поїздів, даний показник дозволяє оцінити розмір штрафних санкцій за невиконання ГРП, а отже, є важливим критерієм оцінювання якості роботи залізничної системи. Показник пунктуальності ГРП за звітний період публікується на сайтах компаній для доказу ефективності своєї роботи.

Встановлений рівень пунктуальності ГРП впливає на пропускну спроможність дільниці [35]. Залежність між пунктуальністю і пропускнуою спроможністю приведена на рис. 4.37.

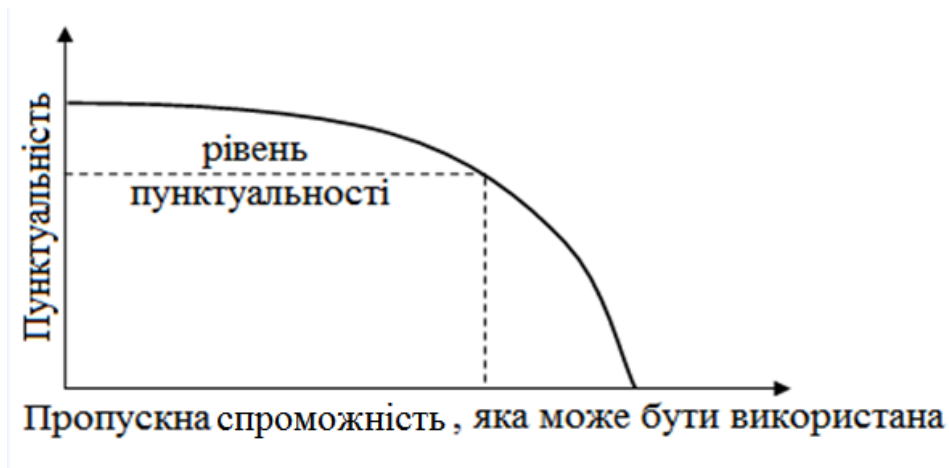


Рис. 4.37. Залежність між пунктуальністю і пропускнуною спроможністю, яка може бути використана

До таких показників виконання графіка відносяться:

- 1) відсоток поїздів, відправлених за розкладом;
- 2) відсоток поїздів, які пройшли за розкладом;
- 3) відсоток поїздів, які пройшли зі скороченням запізнення;
- 4) відсоток пасажирських поїздів, які прибули на станцію

призначення за розкладом.

У результаті аналізу встановлюють ступінь виконання кількісних і якісних показників, виявляють причини їхніх порушень, розробляють заходи щодо покращення показників.

Контрольні питання

1. Що таке графік руху поїздів і для чого він призначений?
2. Як класифікуються ГРП залежно від швидкостей руху?
3. Що таке циклічний розклад?
4. Як класифікуються ГРП залежно від кількості головних колій на перегоні, кількості поїздів у кожному напрямку та від порядку проходження поїздів попутного напрямку?
5. Що таке станційний інтервал?
6. Що таке міжпоїзний інтервал? Назвіть його види.
7. Як функціонує система ETCS на першому, другому та третьому рівнях?
8. Які компоненти є елементами часу заняття блок-дільниці?
9. Що таке буферний час?
10. Що повинен забезпечувати графік руху пасажирських поїздів? Назвіть етапи його створення.

5. Диспетчерські центри керування перевезеннями (ДЦК) на ВШМ. Структура і функції. Технологічні процеси функціонування ДЦК. Функції диспетчерського персоналу. Інформаційне забезпечення.

Однією з важливих організаційно-технологічних структур для керування рухом поїздів на високошвидкісних магістралях є диспетчерські центри керування (ДЦК) рухом поїздів. В основі їхнього функціонування лежить принцип централізації функцій диспетчеризації і контролю руху поїздів з можливістю розподілу функцій керування у вигляді ієрархічної структури.

Практичне використання обчислювальної техніки та інформаційних технологій у сукупності з концентрацією диспетчерського керівництва на залізничному транспорті визначили розвиток структури диспетчерського управління.

Сучасна структура диспетчерського керування поїзною роботою на залізниці України має три ієрархічні рівні (рис. 5.1).



Рис. 5.1. Структура диспетчерського керування поїзною роботою на залізниці України

Для більш детального аналізу доцільним є розглянути функціонування диспетчерських центрів на залізницях Франції та Швейцарії.

Система диспетчерських центрів на залізницях Франції має два ієрархічних рівні: національний та регіональний [38,39].

Національний центр залізничних операцій (фр. le Centre National des Opérations Ferroviaires, CNOF) працює для координації COGC (фр. les Centres Opérationnels de Gestion des Circulations) або центрів керування мережею CCR (франц. la Commande Centralisée du Réseau), які функціонують на регіональному рівні [40, 41], при виникненні інцидентів, що вимагають (рис. 5.2):

- значної перерви в русі поїздів на важливій лінії;
- реалізації відхилень у русі;
- виклику регіональної кризової кімнати або при необхідності національного центру прийняття оперативних рішень (фр. Centre Décisionnel et Opérationnel) у CNOF, у якого такі основні завдання:
 - активний моніторинг руху поїздів для всієї RFN;
 - регулювання на LGV;
 - координація на кордонах структурних ліній;
 - керівництво при виникненні ситуацій, наслідки яких перевищують регіон дії COGC або CCR, а також при керуванні кризою, коли сталася велика аварія;
 - інформація про залізничні підприємства;
 - інформація для зовнішніх регулюючих органів (RFF, EPSF, послуги міністерств);
 - зворотний зв'язок від регулятора на національному рівні.



Рис. 5.2. Вигляд всередині приміщення CNOF

У CNOF працюють 80 осіб. Його очолює з 2006 року Національний директор з операцій (фр. Directeur National des Opérations, DNO), який призначається безпосередньо Президентом SNCF. Він може виконувати обов'язки національного директора криз (фр. Directeur National des Crises, DNC). У CNOF виникає необхідність вирішення криз (тобто інцидентів, що вимагають відкриття кризової кімнати) близько двох разів на тиждень.

Конфігурація приміщень CNOF дуже ергономічна. Розміщення диспетчерського персоналу зображено на рис. 5.3. В єдиному приміщенні знаходяться:

- диспетчер, що керує інфраструктурою (рожевий колір на рис. 5.3);
- диспетчер оператора SNCF-RU (пасажирські перевезення) (рожевий колір на рис. 5.3);
- диспетчер оператора SNCF-RU (вантажні перевезення) (синій колір на рис. 5.3);
- інші оператори, які беруть участь у вантажних перевезеннях (зелений колір на рис. 5.3);
- новинний стіл: радіо та інтернет для оголошення інформації про серйозні збої у русі або затримки в мережі (оранжевий колір на рис. 5.3).



Рис. 5.3. Схема розміщення робочих місць в операційному залі CNOF

IM: the Central Dispatcher: начальник зміни на національному рівні має такі обов'язки:

- керує, координує і контролює керування рухом поїздів на всій мережі через диспетчерів, які знаходяться у 21 регіональному диспетчерському центрі;

- керує і координує роботу в разі виникнення серйозних інцидентів;

- відповідає за зв'язки з іншими організаціями на національному рівні (поліцією, державними установами і т. д.);

- співпрацює із сусідніми менеджерами інфраструктури та операторами-перевізниками на національному рівні.

IM: the HSL Dispatchers: три диспетчери високошвидкісних ліній (англ. high speed lines, HSL) працюють за напрямками:

- Південно-Східна високошвидкісна лінія з Парижа на Середземноморське узбережжя;

- Атлантична високошвидкісна лінія з Парижа на Атлантичне узбережжя;

- Північно-Європейська високошвидкісна лінія з Лондона в Париж, Брюссель, Амстердам, Кельн і Східно-Європейська – зі сходу Франції у Париж, Франкфурт, Мюнхен, Базель. Кожен із диспетчерів високошвидкісних ліній (англ. HSL dispatchers) виконує такі обов'язки:

- оперативне керування на HSL;

- координацію роботи регіональних диспетчерських центрів (англ. regional dispatching centers) і взаємодію із сусідніми лініями.

Для реалізації централізованого керування залізничною мережею на регіональному рівні передбачається створення 16 центрів керування мережею (фр. la Commande Centralisée du Réseau, CCR). Головною особливістю проекту є закриття механізованих постів керування стрілками і сигналами на станціях регіонів, що дозволяє економити витрати на утримання будівель і персоналу, і перенесення керування рухом поїздів в єдиний пост (фр. le Poste de Commande Centralisée, PCC), з якого керування поїздами здійснюється комп'ютерною системою [39,51].

Схема структури керування рухом поїздів на національному та регіональному рівнях наведена на рис. 5.4. Назви професій розшифровані нижче:

- CODAX (Coordonnateur d'axe, у CNOF) виконує певний контроль за рухом поїздів на одному або декількох полігонах мережі;

- CONAT (Coordonnateur National, у CNOF) відповідає за загальний безперервний моніторинг по всій національній залізничній мережі і моніторинг критичної області в разі аварійних ситуацій;

- AC (Agent Circulation) відповідає за правильність приготування маршрутів поїздів, безпеку й обслуговування поїзда на підвідомчій території; виконує завдання по керуванню маневрами, певні дії у разі несправностей об'єктів сигналізації;

- AR (Agent Régulation) відповідає за планування і регулювання рухом поїздів на диспетчерській ділянці; повністю позбавлений функцій приготування маршрутів для руху поїздів;

- COCCR (Coordonnateur CCR) здійснює керування над усім оперативним районом CCR; відповідає за розподіл пропускної спроможності, оперативне керування рухом поїздів, інформацію по пересуванню поїздів на підвідомчій території CCR.

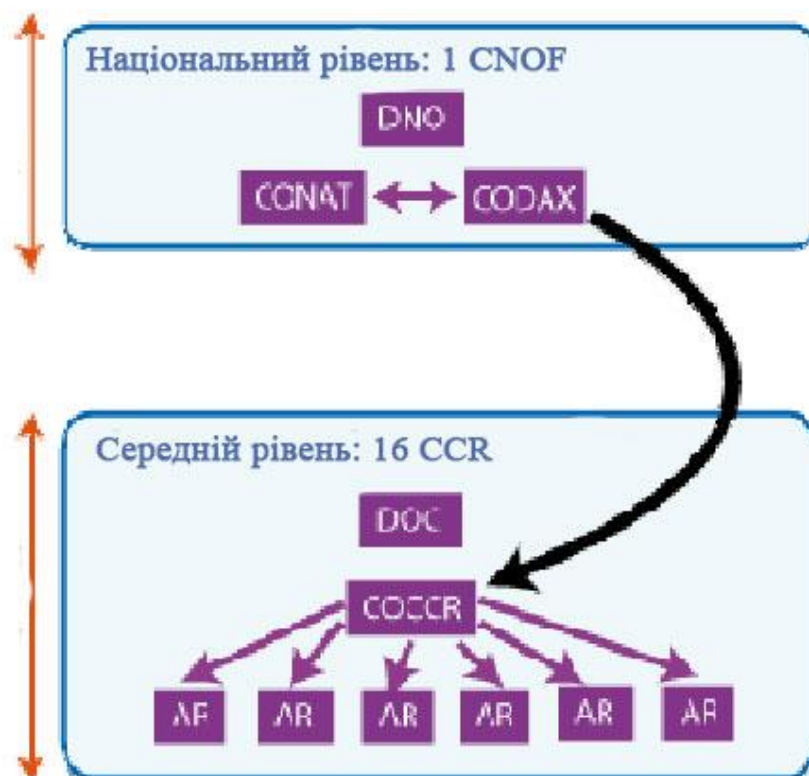


Рис. 5.4. Схема структури керування рухом поїздів на національному та регіональному рівнях

Одним із прикладів є ССР, який розташований в місті Діжон (рис. 5.5). Даний центр був відкритий 21 грудня 2009 року. Назву центр отримав на честь першого директора по операціях (фр. Directeur d'Opération) на LGV Рейн-Рон. Сам центр підпорядковується Дирекції перевезень залізниці (фр. La Direction de la Circulation Ferroviaire, DCF). DCF є незалежним органом, створеним у січні 2010 року спільно з SNCF і RFF для забезпечення рівного доступу до мережі залізниць Франції всіх європейських залізничних компаній.



Рис. 5.5. Дизайн будівлі центру керування мережею у місті Діжон, Франція

Всі диспетчери працюють в одному великому приміщенні, яке називається РСС (фр. Le poste de commande centralisée) [36].

Оператори першого ряду (диспетчер безпосередньо керує стрілками і сигналами (рис. 5.6)) здійснюють спостереження за маршрутами поїздів і забезпечують безпеку руху (маршрути встановлюються автоматично в диспетчерській централізації MISTRAL (фр. Modules Informatiques de Signalisation, de Transmission et d 'Alarmes)). На робочому місці встановлено близько 14 моніторів, на декількох з них візуалізовано виконаний графік руху поїздів і графік зайнятості колій на станції у середовищі системи GALITE; на всіх інших виведені схеми станцій дільниці, на якій здійснюється керування. Зліва монітор з клавіатурою і трубками – це комутаційна станція для ведення переговорів з причетними працівниками та машиністом поїзда. Існує журнал диспетчерських наказів і журнал, де здійснюються записи на ремонти.



Рис. 5.6. Робоче місце диспетчера, який безпосередньо керує стрілками і сигналами

Оператори другого ряду (диспетчер організовує керування рухом (рис. 5.7)) спостерігають за операціями з поїздами на станції і дільниці та встановлюють пріоритет пропуску і варіанти в умовах відхилень від графіка руху.



Рис. 5.7. Робоче місце диспетчера, який організовує керування рухом

Крім CCR, на залізницях Франції для керування швидкісними лініями функціонують пости віддаленого керування (фр. Poste de Commande à Distance, PCD) (рис. 5.8). Одним із прикладів такого поста є PCD в Pagny-sur-Moselle для керування рухом поїздів на Східно-Європейській високошвидкісній лінії (фр. LGV Est Européenne)[34,37].

Даний пост поділено на дві окремі зони: одна – для керування рухом поїздів типу TER класичними лініями, інша – для LGV і його сполучень з класичними лініями. Потрібно відзначити, що станції на кінцях лінії керуються з окремих диспетчерських постів.



Рис. 5.8. Пост віддаленого керування

Робоче місце диспетчера складається з таких елементів (рис. 5.9–5.10):

- робочої станції MISTRAL: 3-4 екрани (за рангом), клавіатура і «миша». Функції системи можуть бути змінені залежно від функцій диспетчера: можливо здійснювати керування рухом поїздів, а також тільки спостерігати за приготуванням маршрутів і проходженням поїздів на дільниці;

- одного комп'ютера з програмою OLERON або GALITE, який складається з екрану і клавіатури для забезпечення керування рухом;

- настільного телефона для внутрішніх комунікацій між диспетчерами сусідніх дільниць, а також з іншими учасниками перевезень. Зовнішні комунікації обробляються звичайними телефонами.

На додаток до цього індивідуального обладнання диспетчери РСД використовують табло оптичного контролю (фр. Tableau de Contrôle Optique, TCO), на якому відображується схема макета лінії, розташування сигналів і т. п. За допомогою

підсвічування на табло надається корисна інформація про стан сигналів і їхнє перемикання, а також зайнятість або вільність блок-діляниць (див. рис. 5.11).



Рис. 5.9. Презентація обладнання станції MISTRAL



Рис. 5.10. Робоче місце старшого диспетчера

Табло ТСО охоплює всю лінію Vaires-sur-Marne – Baudrecourt, а також підходи з класичних ліній і лінію TER Nancy-Metz (рис. 5.11). Два диспетчери працюють біля табло, кожен контролює 150 км ліній, на яких обертаються поїзди TGV. Вони в свою чергу перебувають під постійним наглядом старшого диспетчера. Крім того, в правій частині кімнати розташовано робоче місце диспетчера, який керує лінією TER.

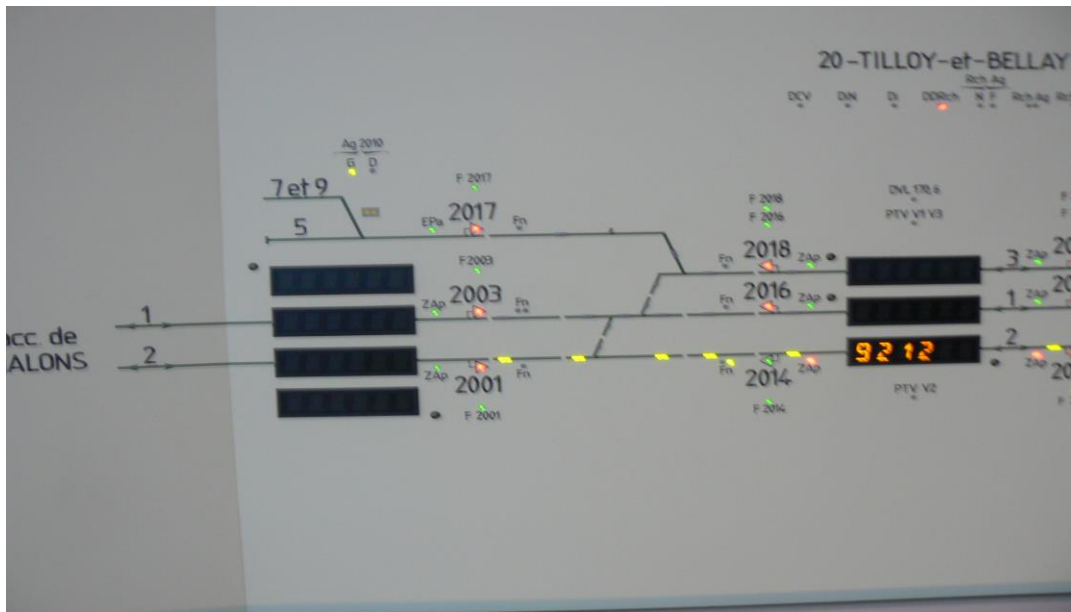


Рис. 5.11. Інтерфейс оптичного табло, яке відображує рух поїзда в напрямку вокзалу Tilloy-et-Bellay (Marne)

У кожного диспетчера на своєму робочому місці встановлено по 7 комп'ютерів, які дозволяють отримувати різну інформацію, що стосується руху поїзда. На робочих місцях використовується диспетчерська централізація MISTRAL.

Диспетчери поста PCD постійно тісно контактують з іншими диспетчерськими центрами:

- з національним центром залізничних операцій CNOF;
- з регіональним центром керування COGC (фр. Centre Opérationnel de Gestion de la Circulation);
- з диспетчерами, які обслуговують станції Meuse TGV, Lorraine TGV et Champagne Ardennes;
- з диспетчерами поста, що обслуговує підхід Східно-Європейської високошвидкісної лінії у Парижі.

Одними з найбільш пунктуальних та завантажених залізничних систем у Європі є Швейцарські федеральні залізниці SBB-CFF-FFS (далі SBB).

В основі такої високої точності лежить стратегія діджиталізації технологій компанії SBB, що дозволила створити та впровадити систему диспетчеризації Rail Control System (RCS), яка стала однією з передових систем у світі.

Швейцарія має одну з найзавантаженіших залізничних мереж у світі. Щодня в SBB прямують близько 10 000 поїздів на

3232 км мережі, з яких 1386 км є одноколійними. Мережа повністю електрифікована, рух є змішаним, а поїзди перевозять більше мільйона пасажирів і 53,2 млн т нетто вантажів, що дає в середньому 182,3 млн поїздо•км за рік. Щільність поїздопотоків складає 156,8 поїздів на кілометр мережі за добу, близько 42 % від загальної довжини мережі – одноколіїні зі змішаним рухом вантажних і пасажирських поїздів, що свідчить про значну складність експлуатаційної роботи SBB. Постійне розширення послуг залізничного транспорту та зростаючий попит на послуги вантажних перевезень вимагало від SBB вирішення завдання оптимізації використання інфраструктури та підвищення пропускної спроможності мережі без великих обсягів інвестицій на розвиток мережі.

Відповіддю на зазначені вище виклики, які стояли перед SBB, стала інтелектуальна система диспетчеризації RCS.

У 2005 р. після того, як SBB почав реалізацію проекту централізації диспетчеризації, який передбачав відмову від лінійного рівня управління – диспетчеризації на станції та переведення функцій керування стрілками і сигналами в межах чотирьох диспетчерських центрів. Даний проект став вимогою часу, оскільки навколо всі залізничні інфраструктурні компанії почали реалізувати подібні проекти. На одному з етапів централізації у 2009 р. дві існуючі несумісні системи управління рухом поїздів були замінені новою системою RCS. Взагалі система RCS була задумана як модульна та масштабована з відкритою архітектурою. Структура модулів системи RCS наведено на рис. 5.12.

На першому етапі система обмежувалась лише обміном даних і контуром керування поїздами, однак інноваційними в диспетчеризації стали модулі, які дозволили системі виявляти та вирішувати конфлікти в русі поїздів на ранніх стадіях, що дало змогу реалізувати функцію прогнозування.

Головним модулем системи є RCS-DISPO, який концентрує всі дані з різних периферійних систем (наприклад, датчиків положення поїзда), обробляє цю інформацію, обчислює прогнози руху поїздів та за допомогою уніфікованого інтерфейсу користувача візуалізує весь процес і графік руху поїздів у режимі реального часу. RCS-DISPO є найважливішим інструментом

диспетчерів та управлінського персоналу залізниці в диспетчерських центрах управління поїздами (англ. the train-control centres). Робоче місце поїзного диспетчера в системі RCS наведено на рис. 5.13.

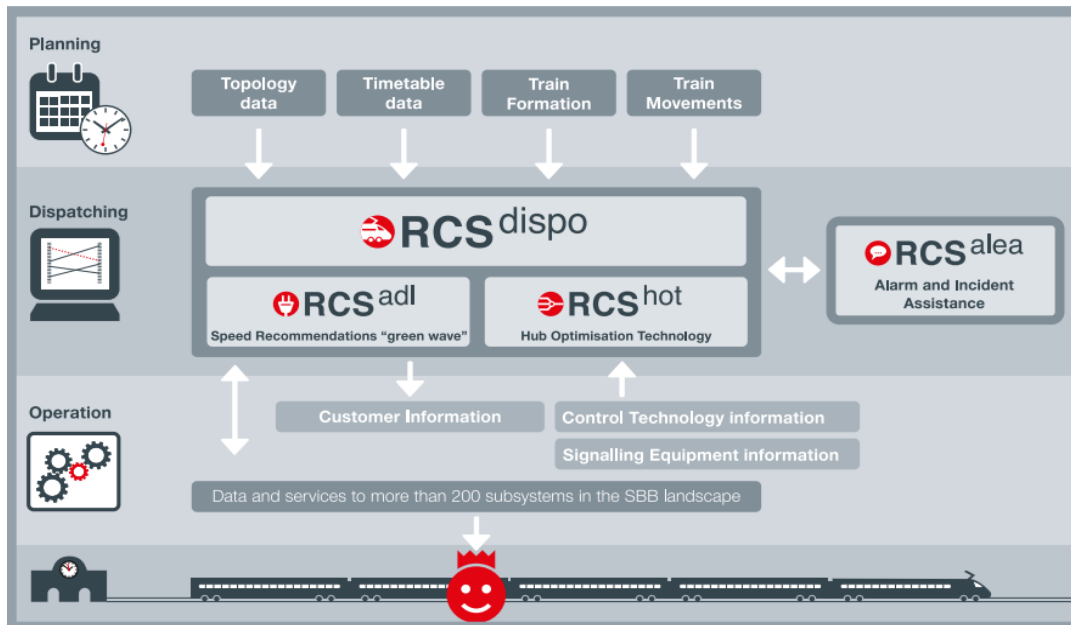


Рис. 5.12. Структура модулів системи RCS

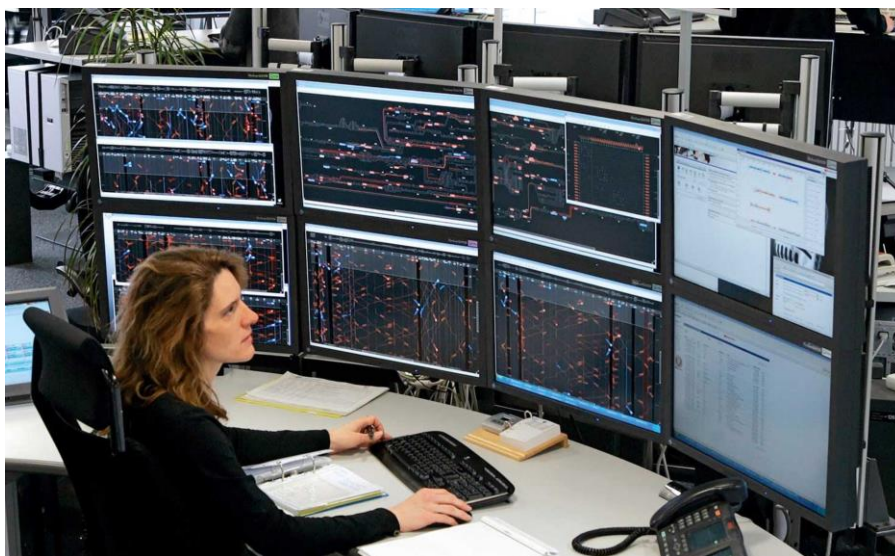


Рис. 5.13. Робоче місце поїзного диспетчера в системі RCS

За допомогою розробленої і впровадженої моделі прогнозування руху поїздів в RCS-DISPO поїзний диспетчер забезпечений всією плановою, поточною і прогновною

інформацією щодо використання інфраструктури та виникнення конфліктів. Контур керування рухом поїздів в системі RCS наведено на рис. 5.14.

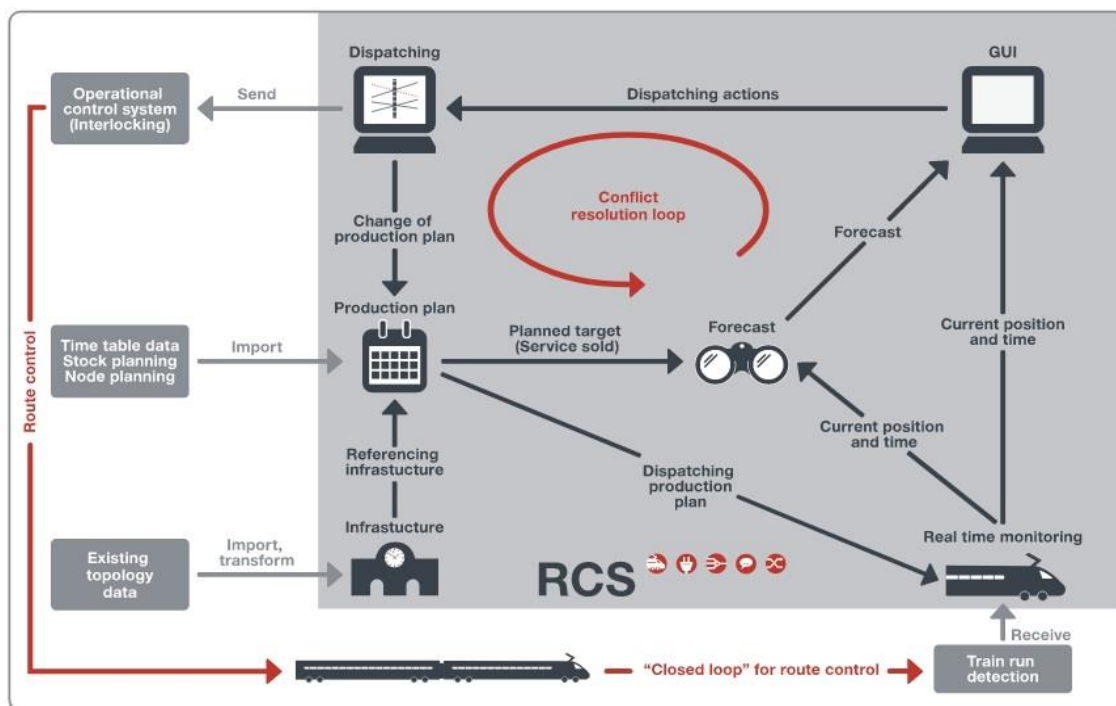


Рис. 5.14. Контур керування рухом поїздів в системі RCS

В системі RCS весь рух коліями обчислюється кожні дві секунди з прогностичним горизонтом у дві години, що дає можливість виявляти конфлікти швидко та точно. Взагалі RCS виявляє один мільйон можливих конфліктів щодоби, тим самим забезпечуючи виняткову стабільність графіка, та оптимізує близько 2000 операцій для приготування маршрутів. Матрицю відображення конфліктів в інтерфейсі RCS-DISPO наведено на рис. 5.15.

Крім функції виявлення конфліктів швейцарці у 2010 р. створили модуль RCS-HOT (англ., Hub Optimisation Technology) – автоматичний оптимізатор маршрутів руху поїздів – це програма керування, яка автоматично регулює рух поїздів у складних залізничних вузлах і роздільних пунктах з колійним розвитком. У межах модуля RCS-HOT розраховується індивідуальна швидкість і план руху для кожного окремого поїзда. Визначається їхня послідовність пропуску в межах конфліктів і після обчислень дана інформація автоматично передається на локомотиви. Це дозволяє швидко відкривати маршрути руху поїздам на станції з

паралельним регулюванням швидкості руху поїзда для успішного уникнення небажаної зупинки біля світлофора. Розрив між диспетчеризацією та поїзними операціями у «полі» дозволяє ліквідувати модуль RCS-ARS, що є ключовим елементом, завдяки якому в диспетчерській централізації автоматично готуються маршрути руху поїздів.

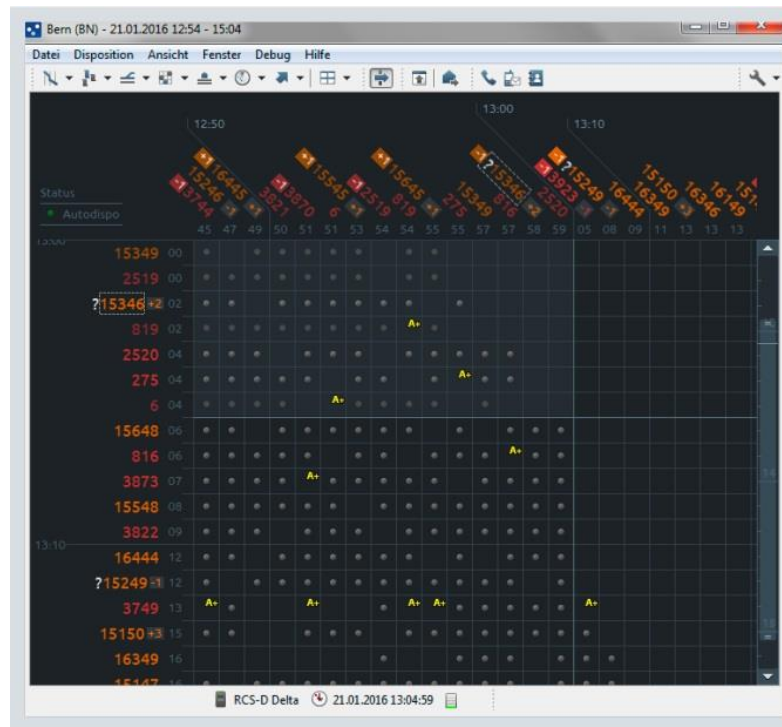


Рис. 5.15. Матриця відображення конфліктів в інтерфейсі RCS-DISPO

Як і на залізницях України, у Швейцарії значна частка мережі використовується для змішаного руху поїздопотоків, де координація в умовах виникнення збоїв під час руху поїздів між різними залізничними підрозділами інфраструктури, пасажирськими та вантажними компаніями-перевізниками є дуже складною. Для створення комунікаційної платформи, що допомагає швидко та індивідуально повідомляти кожного причетного працівника про всі результати щодо вирішення того чи іншого збою в плані руху поїздів на мережі в RCS, у 2010 р було розроблено модуль RCS-ALEA. Із введенням цього модуля SBB розпочав нову еру диспетчеризації руху поїздів. Інтерфейс модуля RCS-HOT наведено на рисунку 5.16.

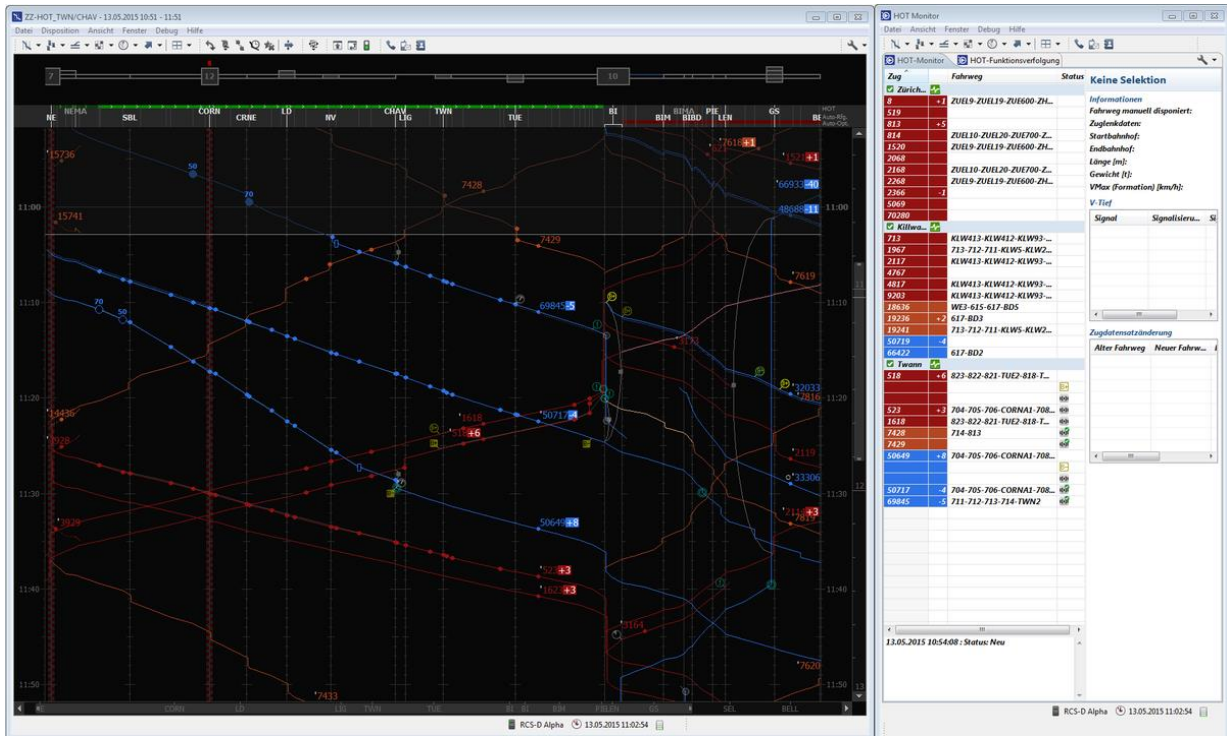


Рис. 5.16. Інтерфейс модуля RCS-HOT

Як зазначалось вище, залізнична мережа SBB-CFF-FFS є на 100 % електрифікованою, що спонукало SBB навіть мати власні електростанції і в той же час замислитись про власну енергоефективність. Це призвело до розроблення модуля RCS-ADL (англ. Adaptive Control), який дозволяє розрахувати оптимізований за енергоефективністю режим ведення поїзда для відрізка маршруту, що змінився у плані руху. По суті вирішується завдання уникнення непродуктивних зупинок поїздів. Приклад адаптації RCS-ADL траєкторії руху поїзда для уникнення зупинки перед поїзним сигналом на маршруті наведено на рис. 5.17.

Після розрахунків ADL поїзний диспетчер затверджує отримані рекомендації щодо руху поїзда, які потім негайно передаються на локомотив. Машиніст локомотива може отримувати дану інформацію через різні джерела інформації: LEA (спеціальний власний планшет iPad, на якому всі попередження та мапа руху поїзда), смартфон, ноутбук або GSM-R CabRadio. Отриманий варіант режиму ведення поїзда носить рекомендаційний характер, оскільки відповідно до інструкцій показання світлофорів, як і у ПАТ «Укрзалізниця», є

головним пріоритетом для машиніста. У 2017 р. за рахунок ADL (та оптимізації конфліктів) досягнуто енергозбереження близько 74 ГВт/год, усього розраховано 635 000 рекомендацій щодо керування поїздів. Схема передачі інформації на локомотив в умовах функціонування RCS-ADL наведена на рис. 5.18, а розміщення на спеціальному кріпленні індивідуального планшету машиніста (LEA) в кабіні локомотива – на рис. 5.19.

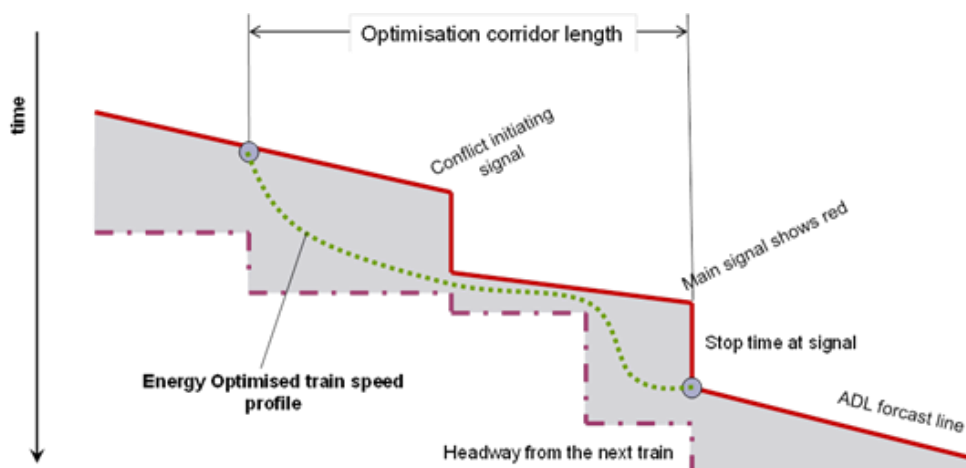


Рис. 5.17. Приклад адаптації RCS-ADL траєкторії руху поїзда для уникнення зупинки перед поїзним сигналом на маршруті

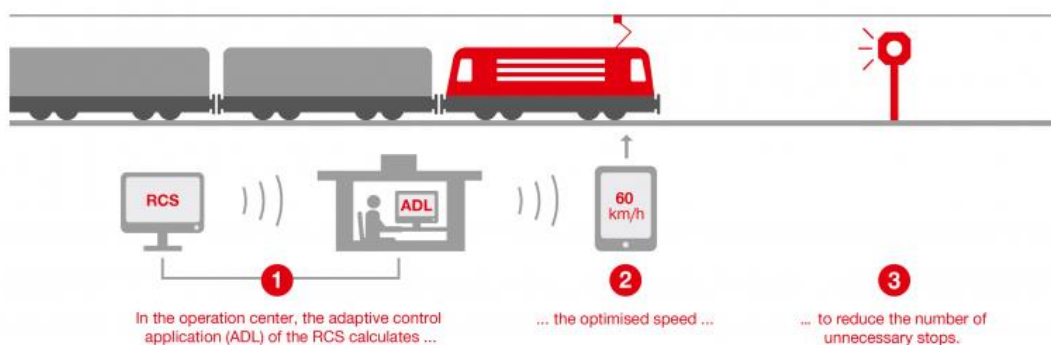


Рис. 5.18. Схема передачі інформації на локомотив в умовах функціонування RCS-ADL

У підсумку станом на 2018 р. SBB має три сучасні диспетчерські центри в Лозанні, Люцерні та Цюріху, які централізували управління рухом поїздів майже на всій залізничній мережі. До 2016 р. було усунено лінійний рівень керування. Лише по вторинних лініях близько 50 станцій все ще

мають чергових по станції на місцях для керування стрілками і сигналами. Трирівневу структуру диспетчеризації поїздів на мережі SBB наведено на рис. 5.20.



Рис. 5.19. Розміщення на спеціальному кріпленні індивідуального планшета машиніста (LEA) в кабіні локомотива

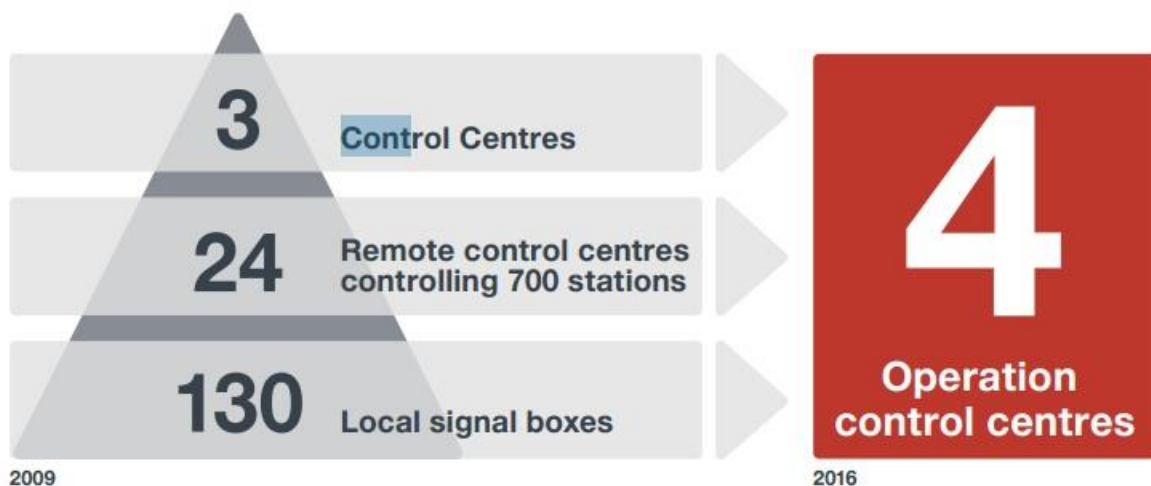


Рис. 5.20. Трирівнева структура диспетчеризації поїздів на мережі SBB

Діджиталізація технологій компанії SBB дозволила інтегрувати всі складові диспетчеризації в єдиному середовищі. Всі учасники перевізного процесу отримали можливість швидко

обмінюватись інформацією. Диспетчерська система на основі поточних та прогнозних даних дозволила автоматично визначати оптимальні варіанти керування поїздом, залишивши диспетчеру лише його відповідальнішу функцію – прийняття рішення щодо вибору варіанта.

Залізничники Швейцарії в котрий раз доводять світу, що автоматизація експлуатаційної роботи є важливою складовою мобільності майбутнього на залізничному транспорті, а інвестування в диспетчеризацію дозволяють значно зменшити операційні витрати та капітальні вкладення в розвиток інфраструктури. Не можна будувати сучасну систему диспетчеризації, впроваджуючи диспетчерську централізацію без автоматизованої системи розроблення графіка руху поїздів, бази даних графіків, автоматичного контролю дислокації поїзда на колії, обміну інформацією з локомотивом і диспетчерським центром управління[52].

Контрольні питання

1. Дайте визначення терміна «диспетчерські центри керування (ДЦК) рухом поїздів».
2. Який принцип лежить в основі функціонування ДЦК?
3. З яких елементів складається робоче місце диспетчера?
4. Які структурні підрозділи на залізницях Франції реалізують диспетчерське керування мережею залізниць на регіональному рівні?
5. Які ієрархічні рівні має система диспетчерських центрів на залізницях Франції?
6. Які обов'язки має начальник зміни на національному рівні у системі диспетчерських центрів на залізницях Франції?
7. Яка головна особливість проекту реалізації централізованого керування залізничною мережею на регіональному рівні на залізницях Франції?
8. Що виконують оператори першого та другого ряду ССР, який розташовано в місті Діжон?
9. Чи існують на залізницях Франції пости віддаленого керування швидкісними лініями?
10. Що відображується на табло оптичного контролю (Tableau de Contrôle Optique, TCO) як додаток до індивідуального обладнання диспетчера РСД?

6. Регламент диспетчерського керування рухом високошвидкісних поїздів

З метою створення єдиної системи керування перевізним процесом при формуванні структурних підрозділів залізниць і забезпеченні безпеки руху поїздів на залізницях розробляються Регламенти диспетчерського керування рухом поїздів [1].

Регламент диспетчерського керування рухом поїздів визначає цілі, завдання і структуру диспетчерського керування рухом поїздів, функції диспетчерського персоналу з керування рухом поїздів.

Диспетчерське керування рухом поїздів ґрунтується на:

- принципі керування рухом поїздів на дільниці (полігоні), яку обслуговує один диспетчер;
- суворому виконанні технологічних норм і нормативів, що містяться у графіку руху поїздів, плану формування поїздів, технологічних процесів і технічних норм експлуатаційної роботи;
- забезпеченні безпеки руху поїздів та охорони праці працівників.

Цілями диспетчерського керування рухом поїздів є організація руху поїздів відповідно до графіка руху на залізничному транспорті загального користування, оптимізація використання пропускної спроможності залізничної інфраструктури, тягових ресурсів при безумовному забезпеченні безпеки руху поїздів та охорони праці.

Завданнями диспетчерського керування рухом поїздів є:

- організація роботи єдиної диспетчерської зміни, локомотивних бригад, працівників, пов'язаних з рухом поїздів, по виконанню змінно-добових і поточних планів і завдань експлуатаційної роботи;
- забезпечення виконання графіка руху пасажирських поїздів далекого, місцевого та приміського сполучення (далі - пасажирські поїзди) та вантажних поїздів (у разі поєднаного руху швидкісних поїздів з вантажними);
- забезпечення дотримання вимог нормативних документів з безпеки руху поїздів та охорони праці, технічно-розпорядчих актів і технологічних процесів роботи станцій;
- своєчасне надання планових «вікон» для будівельно-монтажних робіт, ремонту та поточного утримання технічних пристроїв;

- ефективне використання локомотивних бригад;
- контроль за вмістом і використанням експлуатованого парку локомотивів;
- організація місцевої роботи (у разі поєднаного руху швидкісних поїздів з вантажними);
- прийняття оперативних заходів з ліквідації порушень руху поїздів, забезпечення своєчасного пропуску господарських і відбудовних поїздів.

Рухом поїздів на ділянці повинен керувати тільки один працівник – поїзний диспетчер, який відповідає за виконання графіка руху поїздів на дільниці, яку він обслуговує. Накази поїзного диспетчера підлягають безумовному виконанню працівниками, безпосередньо пов'язаними з рухом поїздів на даній дільниці. Не допускається давати оперативні накази з руху поїздів на дільниці без відома поїзного диспетчера [2, 3].

При обслуговуванні локомотивів пасажирських поїздів одним машиністом поїзний диспетчер при знаходженні такого поїзда на обслуговуваній ним дільниці зобов'язаний забезпечити контроль проходження та інформувати про це чергових по станціях даної дільниці.

У процесі роботи диспетчери мають використовувати види зв'язку, встановлені нормативними документами. Не допускається перебування і застосування на робочому місці диспетчера засобів зв'язку та електронних приладів, не передбачених інструкціями.

Професійний рівень і кваліфікація диспетчерського персоналу повинні відповідати функціям диспетчерського керування рухом поїздів на кожному рівні керування. Вимоги до кваліфікації встановлено посадовими тарифно-кваліфікаційними характеристиками.

6.1. Регламент диспетчерського керування рухом високошвидкісних поїздів на дільницях залізничних ліній із поєднаним рухом поїздів

У світовому досвіді організації роботи високошвидкісних магістралей, як правило, виключається поєднання руху високошвидкісних пасажирських поїздів з вантажними. Це

пов'язано перш за все з тим, що реалізація високих швидкостей вимагає утримання колії з істотно жорсткішими нормативами, ніж на звичайних лініях. Рух по таких коліях вантажного рухомого складу з високими осьовими навантаженнями неминуче викликатиме підвищені динамічні дії і розлади колії. Забезпечення безпеки руху в таких умовах стає дуже складним завданням.

При організації роботи модернізованих швидкісних і високошвидкісних ліній часто виникає необхідність пропуску вантажних поїздів. У таких експлуатаційних умовах необхідним є регламентування порядку пропуску швидкісних і високошвидкісних поїздів по дільницях.

Швидкості руху високошвидкісних поїздів встановлюються наказами начальників залізниць, на яких здійснюється експлуатація поїздів. Приймання і відправлення високошвидкісних поїздів на станціях здійснюється за маршрутами, встановленими наказами начальників відповідних залізниць [2-4].

Накази (зміни до наказів) про встановлення швидкостей руху на швидкісних лініях повинні бути узгоджені в службах колії, електрифікації та електропостачання, автоматики і телемеханіки відповідних залізниць, регіональних дирекціях швидкісного сполучення та керування рухом.

На залізницях України з метою підтримки максимальних швидкостей руху допускається програмування пристроїв електропоїздів HRCS2 на встановлення значення допустимої швидкості на 5 км/год більше встановленої наказом начальника залізниці.

Дистанціями колії, електропостачання, автоматики і телемеханіки попередження про обмеження швидкості руху повинні бути видані на станцію відправлення електропоїзду HRCS2 не пізніше, ніж за 4 год до його відправлення. У разі неможливості передачі попереджень у встановлені строки або призначення швидкісного поїзда за диспетчерським розкладом, зазначені попередження мають бути передані поїзному диспетчеру від причетних підрозділів не пізніше ніж за 1 год до відправлення електропоїзда HRCS2 для подальшої передачі машиністу по радіозв'язку. У разі неможливості передачі попередження по радіозв'язку, черговий по станції зобов'язаний зупинити поїзд для

видачі попередження. Поїзний диспетчер зобов'язаний контролювати своєчасність і правильність видачі непередбачено виниклого попередження через машиніста електропоїзда HRCS2 при його проходженні по станціях. Відміна попередження, що сталася під час прямування поїзда, проводиться та реєструється наказом поїзного диспетчера і передається машиністу за наявними видами радіозв'язку особисто поїзним диспетчером.

Якщо протягом строку експлуатації поїзда виникне необхідність зміни діючих (встановлених наказом по залізниці) швидкостей руху, причетна організація (служба, дирекція) повинна інформувати регіональну швидкісну дирекцію про майбутні зміни не менше ніж за 1 місяць до їхнього введення.

Станції відправлення мають видавати на електропоїзди HRCS2 не менше трьох примірників бланків попередження білого кольору з жовтою смугою по діагоналі форми ДУ-61.

Разом із бланком попередження локомотивній бригаді електропоїзда HRCS2 повинен видаватися прогноз погоди на всю дільницю прямування поїзда. Прогноз погоди передається по факсу, електронній пошті або телефону черговим синоптиком метеослужби залізниць на станцію відправлення електропоїзда HRCS2 не менше ніж за 45 хв до його відправлення.

Високошвидкісний поїзд має бути поданий під посадку пасажирів (на початковій станції) не менше ніж за 30 хв до відправлення поїзда за розкладом.

З метою дотримання графіка руху електропоїзда HRCS2 і коригування часу ходу за попередженням, машиністу дозволяється прямувати на 7 хв раніше розкладу (при невпинному пропуску по дільниці).

Не менш ніж за 10 хв до проходження електропоїзда HRCS2 всі знімні рухомі одиниці (ремонтні вишки, колійні вагончики, знімні дефектоскопні візки) повинні бути зняті з колії, що входять у маршрут прямування цього поїзда, а також з колій, що мають вихід на маршрут його приймання і відправлення, і закріплені. Забороняється виїзд на перегін знімних одиниць, а також моторно-рейкового транспорту незнімного типу, якщо до проходження електропоїзда HRCS2 залишається менше 30 хв.

На двоколійних і багатоколійних (по суміжній колії) перегонах забороняється схрещення електропоїздів HRCS2 з

поїздами, у складі яких є вагони з вантажами всіх ступенів бокової негабаритності, напіввагони, платформи, думпкари із сипкими вантажами (пісок, щебінь, вугілля та ін.), а також з котунами.

Технічне обслуговування та експлуатація вагонів вантажних поїздів, що обертаються на швидкісних і високошвидкісних лініях, провадяться відповідно до нормативної документації ПАТ «Укрзалізниця» [42].

До складу вантажних поїздів, що формуються на адресу станцій, розташованих на швидкісних і високошвидкісних лініях або проходять ці лінії транзитом, включаються вагони зі статичним навантаженням на вісь від найбільш завантаженої колісної пари на колії не більше 245 кН (25,0 тс).

На початкових (кінцевих) станціях всі операції, пов'язані з приготуванням маршруту для приймання (відправлення) швидкісних і високошвидкісних поїздів, завершуються не менше ніж за 5 хв до відправлення (прибуття) даних поїздів.

На інших станціях дільниці обороту швидкісних і високошвидкісних поїздів всі операції, пов'язані з приготуванням маршрутів для пропуску швидкісних і високошвидкісних пасажирських поїздів, повинні бути завершені не пізніше ніж за 10 хв до проходження поїзда.

Не пізніше ніж за 10 хв до проходження швидкісного і високошвидкісного поїзда по станції черговий по станції (при знаходженні станції на диспетчерському керуванні – поїзний диспетчер) готує маршрут пропуску поїзда і встановлює спеціальний режим роботи пристроїв СЦБ (далі – режим швидкісного руху) порядком, встановленим інструкцією про порядок користування пристроями СЦБ (інструкцією про порядок користування пристроями диспетчерської централізації), після чого за показаннями приладів контролю переконується у правильності приготування маршруту та встановлення режиму швидкісного руху.

При відхиленні прискореного поїзда від графіка дозволяється його пропуск тільки з міжпоїзними інтервалами, що не менше тих, які закладені у графіку руху для даного поїзда.

При зустрічному русі прискорених пасажирських поїздів або прискореного пасажирського поїзда з іншими пасажирськими

або вантажними поїздами бічні вікна кабіни машиніста обох поїздів із зустрічного боку мають бути зачинені.

Вантажні поїзди, що прямують по дільницях обороту прискорених пасажирських поїздів, повинні підлягати технічному обслуговуванню і комерційному огляду вагонів у першу чергу в частині забезпечення надійності закріплення дверей, бортів, кришок перехідних містків двоярусних платформ, стану буксового вузла, гальмівного обладнання та запобіжних пристроїв, правильності завантаження і закріплення вантажу на відкритому рухомому складі, особливо екскаваторів, кранів та інших машин з поворотним і навісним обладнанням, вантажів у вертикальному положенні.

Швидкості руху вантажних поїздів слід забезпечувати на рівні 80-90 км/год (при швидкості проходження пасажирських поїздів 140-160 км/год) для виконання вимог по влаштуванню колії в кривих при високих швидкостях руху пасажирських поїздів; при цьому маса поїзда повинна визначатися тяговими розрахунками з урахуванням дії постійних і тривалих попереджень та забезпечення цього рівня швидкості, а розрахунковий коефіцієнт зчеплення необхідно приймати в межах, що виключають вживання піску і виникнення буксування.

6.2. Регламент дій диспетчерського персоналу при запізненні поїздів і в умовах порушення безпеки руху високошвидкісних поїздів

Збій у графіку руху поїздів – це відхилення від нормативного графіка двох і більше поїздів кожного більш ніж на 5 хв в межах однієї диспетчерської дільниці. Поїзний диспетчер веде графік виконаного руху, на якому зазначає дані про рух поїздів, а також всі порушення нормальної роботи на дільниці і їхні причини [2, 3, 6].

Поїзний диспетчер при порушенні на дільниці графіка руху поїздів, що викликало запізнення пасажирських поїздів, повідомляє чергових по станціях про порядок їхнього пропуску. Поїзний диспетчер при отриманні інформації про збої у графіку руху приміських поїздів зобов'язаний прийняти самостійне

рішення для стабілізації поїзної обстановки. Одночасно він зобов'язаний дати наказ черговим по станції ділянки і машиністу поїзда на введення пасажирського або приміського поїзда, що спізнюється, у графік або скорочення запізнення, визначити час передбачуваного прибуття поїзда на кінцеву станцію (передачі на сусідню дільницю), дати інформацію дорожньому диспетчеру (по району керування).

У випадках пізнього надходження пасажирських поїздів із сусідньої залізниці поїзний диспетчер ділянки зобов'язаний передати отриману інформацію дорожньому диспетчеру (по району керування), який у свою чергу зобов'язаний розробити варіантний графік пропуску пасажирського поїзда по дільницях і визначити очікуваний час прибуття поїзда на кінцевий пункт.

Порядок дій локомотивної бригади при отриманні повідомлення від комплексної бортової системи керування (далі – КБСК) про нагрівання одного з вузлів колісно-редукторного блока такий:

- при виявленні КБСК нагрівання одного з вузлів колісно-редукторного блока ЕВС, незалежно від показань КТСМ, поїзд автоматично зупиняється екстремим гальмуванням, після чого несправний вузол оглядається бортінженером і локомотивною бригадою;

- за результатами огляду машиніст спільно з бортінженером приймає рішення про можливість подальшого проходження. У разі виникнення розбіжностей остаточне рішення приймає машиніст;

- у разі прийняття рішення про виведення з перегону поїзда з нагрітим буксовим вузлом або при наявності ознак його несправності, швидкість поїзда не повинна перевищувати 20 км/год, включаючи рух по стрілочних переводах станцій. Рух має здійснюватися плавно, поїзд приймається на головну колію станції, при її зайнятості – на одну з бокових колій з мінімально можливим відхиленням по стрілочних переводах;

- у випадку, якщо після зупинки поїзда в результаті огляду букси вагона визначено руйнування букси, що виключає обертання колісної пари, машиніст повинен забезпечити виведення поїзда з перегону за умов виключення обертання колісної пари, проходження на станцію із швидкістю не більше

5 км/год під наглядом помічника машиніста і виключення руху поїздів по сусідній колії.

Машиніст, після зупинки поїзда та огляду, зобов'язаний доповісти ДСП (ДНЦ) про результати огляду, вжиті заходи і можливість подальшого прямування поїзда.

При відсутності дефекту або його оперативному усуненні, за погодженням із ДНЦ, високошвидкісний поїзд має продовжити прямування з установленою швидкістю.

У разі прийняття рішення про неможливість подальшого проходження:

- машиніст ЕВС HRCS2 зобов'язаний довести до відома ДСП, ДНЦ, керівників регіональної дирекції швидкісного сполучення і диспетчерську службу ТОВ «Сіменс» про те, що трапилося. ДНЦ дільниці, за погодженням із керівниками регіональної Дирекції швидкісного сполучення і ТОВ «Сіменс», визначає подальші дії з доставки пасажирів до пункту призначення;

- поїзна бригада зобов'язана залишатися у складі до усунення несправності або прибуття керівників регіональної Дирекції швидкісного сполучення, іншої локомотивної бригади ЕВС HRCS2.

Начальник поїзда і провідники вагонів зобов'язані:

- організувати комфортне перебування пасажирів у поїзді;
- після прибуття іншого ЕВС HRCS2 і (або) іншого рухомого пасажирського складу забезпечити пересадку пасажирів, при безумовному забезпеченні безпеки життя і здоров'я пересаджуваних з дотриманням всіх необхідних вимог охорони праці та техніки безпеки.

Після поїздки машиніст поїзда зобов'язаний доповісти рапортом на ім'я начальника регіональної дирекції швидкісного сполучення із зазначенням номера поїзда, номера колії зупинки, кілометра і пікету місця зупинки, часу зупинки, початку і закінчення огляду, часу відправлення, результатів огляду, номера оглянутого вагона, відомостей про ремонт електропоїзда.

Порядок дії локомотивної бригади і працівників станцій, ДНЦ при спрацьовуванні пристроїв контролю волочиння і сходу рухомого складу. При отриманні від ДСП (ДНЦ) інформації про спрацьовування УКСПС машиніст негайно вживає заходів щодо

зупинки поїзда службовим гальмуванням, доповідає по радіозв'язку машиністам всіх поїздів про зупинку на перегоні за показаннями УКСПС, а також повідомляє бортінженерів про причини зупинки.

Помічник машиніста спільно з бортінженером оглядають високошвидкісний поїзд з кожного боку, з дотриманням вимог охорони праці та техніки безпеки, на наявність деталей, які волочаться, елементів підвагонного обладнання, сходу вагонів, пошкодження колії та негабариту до сусідньої колії для пропуску зустрічного поїзда.

При виявленні деталі вагона усувають несправність із дотриманням вимог охорони праці та техніки безпеки.

Якщо помічник машиніста спільно з бортінженером при огляді не виявили несправності в рухомому складі, то машиністу дозволяється вести поїзд далі зі встановленою швидкістю руху.

Якщо під поїздом повторно спрацював УКСПС, то швидкісний поїзд приймається на найближчу станцію для ретельного огляду рухомого складу локомотивною бригадою.

Машиніст зустрічного поїзда, що вийшов зі станції до отримання аварійного повідомлення і закриття колії перегону, зобов'язаний при підході до зупиненого поїзда знизити швидкість до 20 км/год і прямувати з особливою пильністю і готовністю негайно зупинитися, якщо виникне перешкода, до проходження локомотивом останнього вагона зупиненого поїзда. Далі поїзд може рухатись зі встановленою швидкістю.

Порядок дій поїзної бригади електропоїзда HRCS2 при виникненні пожежі

При виявленні у вагоні диму провідник або інший працівник поїзної бригади зобов'язаний негайно повідомити про це локомотивній бригаді, бортінженерів і начальнику поїзда для з'ясування місця і причини появи диму.

(Примітка: забороняється залишати нез'ясованою причину появи диму!)

При виявленні пожежі (загоряння) провідник або інший працівник поїзної бригади зобов'язаний:

- повідомити про те, що трапилося, локомотивній бригаді, бортінженерів, начальнику поїзда;

- оголосити пасажиром про евакуацію з вагона, уникаючи паніки, організувати встановленим порядком евакуацію пасажирів до сусідніх вагонів (при необхідності з поїзда після його зупинки);

- спільно з іншими працівниками поїзної бригади розпочати ліквідацію пожежі (загоряння) наявними на складі засобами пожежогасіння з дотриманням заходів безпеки.

У разі неможливості ліквідувати пожежу наявними засобами пожежогасіння поїзна бригада зобов'язана організувати евакуацію пасажирів з поїзда у такому порядку:

- евакуація пасажирів проводиться після повної зупинки поїзда на «польовий» бік;

- при евакуації пасажирів через бічні двері вагонів відкрити їх тільки з безпечного для пасажирів боку і тільки після повної зупинки поїзда;

- при необхідності евакуації через аварійні виходи салону розбити скло вагона за допомогою спеціального молотка і встановити рятувальну драбину, що знаходиться у спеціальній шафі вагона;

- при цьому начальник поїзда зобов'язаний особисто переконається у повній евакуації зі складу всіх пасажирів, по можливості закрити вручну міжвагонні та салонні двері.

Локомотивна бригада, отримавши повідомлення про пожежу (загоряння) у вагоні поїзда, зобов'язана:

- вжити заходів до зупинки поїзда в установленому відповідно до місцевих умов місці (не допускається зупинити поїзд на штучних спорудах і під ними, а також в інших місцях, що перешкоджають евакуації пасажирів та організації гасіння пожежі), попередньо опустивши струмоприймачі;

- повідомити поїзного диспетчера (чергового по станції) про випадок пожежі, місце зупинки і необхідність пожежної допомоги;

- повідомити провідників вагонів, бортінженера та інших працівників поїзної бригади поїзда про те, що трапилося, і про негайну доставку вогнегасників до місця пожежі і надання допомоги в евакуації пасажирів з вагона.

Після зупинки поїзда машиніст, виходячи з обстановки, що склалася, зобов'язаний вимагати через поїзного диспетчера зняття

напруги в контактній мережі, зафіксувати в бортовому журналі форми ТУ-152 номер наказу і час зняття напруги, при необхідності покинути склад, вилучивши касету, реєстрації, бланки попереджень і журнал форми ТУ-152, а також, по можливості, іншу документацію, що знаходиться у поїзді, і плати пам'яті КБСК із записаною інформацією про роботу бортових систем поїзда.

Вказівки машиніста електропоїзда HRCS2 (при його відсутності – начальника поїзда), відповідального за організацію гасіння пожежі, обов'язкові для всієї поїзної бригади.

Черговий по станції і поїзний диспетчер при отриманні повідомлення про пожежу у високошвидкісному поїзді зобов'язані припинити відправлення поїздів з обмежуючого перегону станцій по суміжних коліях, крім господарських.

Порядок проходження електропоїзда HRCS2 з допоміжним локомотивом: для надання допомоги електропоїзду HRCS2, що зупинився через несправність, повинні виділятися локомотиви, які пройшли модернізацію по обладнанню системою осушення повітря і призначені для роботи з електропоїздами HRCS2.

У виняткових випадках, з дозволу чергового по регіональній дирекції, для надання допомоги може бути виділений локомотив вантажного або маневрового руху, який не пройшов модернізацію. З таким локомотивом поїзд може бути доведений тільки до найближчої станції, де повинна бути проведена заміна на спеціально обладнаний для цих цілей локомотив.

У разі відсутності на допоміжному локомотиві рукава живильної магістралі (ПМ) машиніст зобов'язаний переключити «Кран холодної перегонки» на головному або хвостовому вагоні для живлення запасних резервуарів від гальмівної магістралі, в цьому випадку швидкість руху поїзда не повинна перевищувати 120 км/год, якщо склад прямує із знеструмленими допоміжними ланцюгами.

Швидкість проходження з допоміжним локомотивом, з'єднаним гальмівними і живильними магістралями, з працюючими допоміжними ланцюгами електропоїзда HRCS2 обмежується конструкційною швидкістю допоміжного локомотива.

Контрольні питання

1. На чому ґрунтується диспетчерське керування рухом поїздів?
2. Які цілі та завдання диспетчерського керування рухом поїздів?
3. Що означає збій у графіку руху поїздів?
4. Обов'язки поїзного диспетчера при порушенні на дільниці графіка руху поїздів, що викликало запізнення пасажирських поїздів.
5. На яких перегонах забороняється схрещення електропоїздів HRCS2 із поїздами, у складі яких є вагони з вантажами всіх ступенів бокової негабаритності, напіввагони, платформи, думпкари із сипкими вантажами, а також з котунами?
6. Якому обслуговуванню повинні підлягати вантажні поїзди, що прямують по дільницях обороту прискорених пасажирських поїздів?
7. Обов'язки начальника поїзда і провідників вагонів EBC HRCS2.
8. Порядок дій локомотивної бригади при отриманні повідомлення від КБСК про нагрівання одного з вузлів колісно-редукторного блока.
9. Порядок дій поїзної бригади електропоїзда HRCS2 при виникненні пожежі.
10. Обов'язки локомотивної бригади, яка отримала повідомлення про пожежу (загоряння) у вагоні поїзда.

7. Організація роботи ліній ВШМ в умовах виділення у графіку руху технологічних «вікон»

Важливою умовою при організації руху поїздів на високошвидкісній магістралі є те, що в графіку руху поїздів на постійній основі має передбачатися час («вікно») як для поточного утримання, так і для капітального ремонту інфраструктури лінії. Відхилення високошвидкісних поїздів від встановленого розкладу через ремонт об'єктів інфраструктури неприпустимі. Оскільки помітну частку в таких поїздах становлять пасажирів, які виконують ділові поїздки, зміна розкладу може завдати серйозної шкоди іміджу існуючого виду сполучення, знизити привабливість поїздок. Тому із самого початку розроблення графіка руху на цій лінії слід продумати питання організації режиму роботи високошвидкісної лінії.

Режими роботи ВШМ на залізницях Франції, Японії передбачають ретельну перевірку інфраструктури для забезпечення безпеки руху поїздів, що в свою чергу передбачає використання нічного часу тільки для техобслуговування. Наприклад, на ВШМ Франції рух пасажирських поїздів зупиняється для проведення ремонтно-профілактичних робіт з 23.00 до 5.00, на ВШМ Японії у період з 00.00 до 6.00 год (рис. 7.1). За технологією використання лінії для високошвидкісного руху на початку руху першим повинен пройти поїзд зі зниженою швидкістю для перевірки технічного стану інфраструктури, після чого вже дозволяється відправляти на лінію високошвидкісні поїзди зі встановленою швидкістю відповідно до існуючих нормативів на лінії.

В умовах організації змішаного руху поїздів, а також при неможливості організувати інтенсивний високошвидкісний рух на лінії є недоцільним переривати рух на ніч. В умовах безперервного режиму роботи ліній для організації всіх видів ремонтів інфраструктури у графіку руху поїздів передбачаються виділення необхідних проміжків часу, так званих «вікон».

З метою ефективної організації ремонтних і будівельно-монтажних робіт і забезпечення пропуску планових поїздопотоків, дотримання безпеки руху поїздів відповідно до ПТЕ на залізниці України у графіках руху поїздів повинні

передбачатися «вікна» певної тривалості, а для виконання робіт з поточного утримання колії, штучних споруд, контактної мережі, пристроїв сигналізації, централізації, блокування (далі – СЦБ) мають надаватися технологічні «вікна» (у проміжки часу між проходженнями поїздів по перегону).

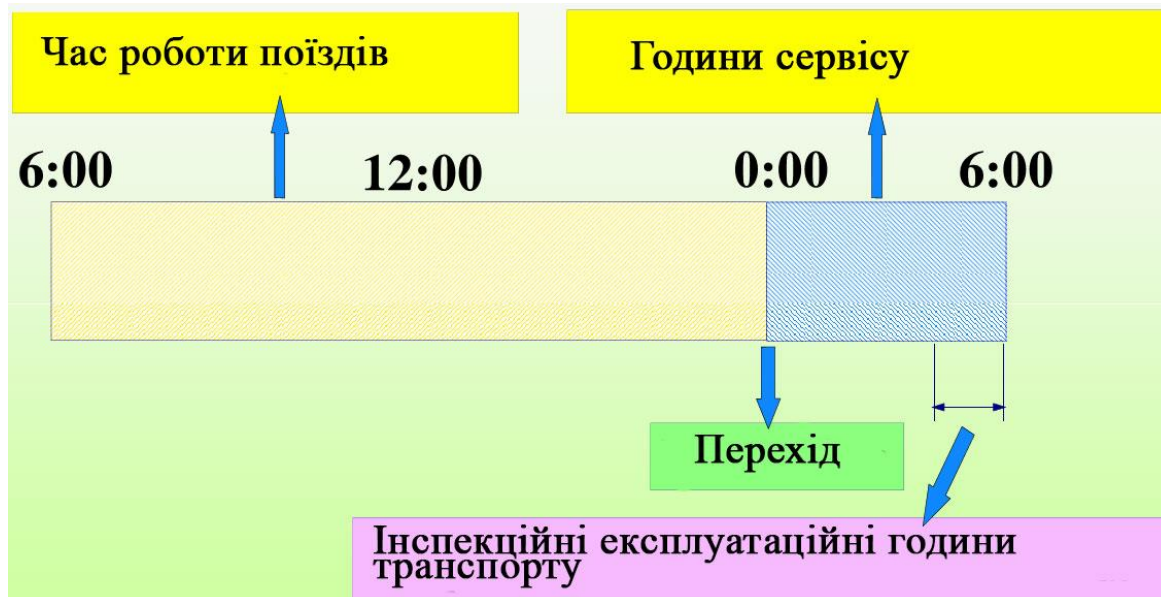


Рис. 7.1. Режим роботи високошвидкісних залізничних магістралей Японії

Всі роботи на певній ділянці, що вимагають для себе окремих «вікон», доцільно виконувати в одному суміщеному за напрямком і часом «вікні» у поєднанні [1]. З «вікнами» великої тривалості виконуються, як правило, роботи, що вимагають надання перерв руху поїздів меншої тривалості, в тому числі з виїздом на перегін рухомого складу та іншої техніки.

Досвід експлуатації зарубіжних високошвидкісних магістралей вказує на доцільність спільного обслуговування пристроїв колії, енергопостачання, сигналізації, блокування і централізації. Для реалізації даного підходу використовуються так звані поєднані «вікна» [2]. Створення об'єднаних бригад дозволяє ефективніше використовувати виробничі бази для здійснення планово-попереджувальних і ремонтних робіт і час «вікон», що виділяються у розкладі, коли припиняється рух поїздів.

«Вікна» для ремонтних і будівельно-монтажних робіт надаються, як правило, у світлий час доби і повинні бути заплановані заздалегідь. Перелік робіт, які можуть виконуватися у темний час доби, встановлюється начальником дирекції (відділення) залізниці, а при відсутності в складі залізниці відділень залізниці - начальником залізниці.

Для забезпечення надійної роботи колії, пристроїв контактної мережі, СЦБ і зв'язку слід передбачати в графіку руху високошвидкісних поїздів технологічні «вікна» тривалістю 1,5–2 год, а при здійсненні цих робіт комплексами машин, спеціалізованими бригадами і механізованими колонами – тривалістю 3–4 год для виконання робіт з поточного утримання та ремонту цих пристроїв [3]. Найбільш доцільним є надання «вікна» з одночасним закриттям перегону, бо при здійсненні робіт на одній із колій швидкість проходження поїзда по сусідній колії буде істотно знижена.

Перед виконанням робіт на швидкісній або високошвидкісній лінії керівник виробничого підрозділу (дорожній майстер, начальник, електромеханік дистанції електрифікації та електропостачання, електромеханік дистанції сигналізації, централізації і блокування і т. п.), який здійснює організацію виконання робіт, повинен видати керівникам робіт уточнену виписку з графіка руху поїздів по ділянках планованих робіт. Кількість примірників виписки, що видаються керівникам робіт, має бути достатньою для забезпечення ними всіх сигналістів.

При плануванні майбутніх робіт керівник структурного підрозділу повинен разом з керівниками робіт визначити заходи безпеки під час пропуску швидкісних і високошвидкісних поїздів під час виконання робіт, а також час прямування до місця роботи і назад.

Керівники робіт повинні провести працівникам цільові інструктажі з охорони праці, довівши до їхнього відома заходи безпеки, специфічні для конкретного місця виконання робіт.

Керівник робіт має зробити заявку про видачу локомотивним бригадам попереджень про особливу пильність. Попередження видаються у випадках, передбачених Інструкцією з руху поїздів і маневрової роботи на залізниці України. Також повинен бути зроблений запис у журналі огляду колій,

стрілочних переводів, пристроїв сигналізації, централізації та блокування, зв'язку і контактної мережі, форми ДУ-46 про місце, час виконання робіт. До місця робіт і назад на швидкісних і високошвидкісних лініях працівники мають, як правило, доставлятися залізничним та/або спеціально обладнаним автомобільним транспортом. Перед виходом на перегін керівник робіт повинен:

- мати уточнену виписку з розкладу руху поїздів;
- перевірити працездатність пристроїв радіозв'язку, як це передбачено документацією заводу-виготівника з їхньої експлуатації (керівництвом користувача);
- переконатися особисто по радіозв'язку у чергових по станціях, які обмежують перегін, що заявка про видачу попереджень на поїзди прийнята до виконання, і звірити з ними годинник;
- у місці зборів провести з працівниками цільовий інструктаж про заходи безпечного проходження до місця робіт і назад, заходи безпечного виконання робіт і пропуску швидкісних або високошвидкісних поїздів із записом у журналі реєстрації інструктажів з охорони праці;
- виставити сигналістів, забезпечивши їх сигнальними приналежностями, справними засобами радіозв'язку і виписками з розкладу руху поїздів.

Якщо під час надання «вікна» швидкісний або високошвидкісний поїзд не пройшов у встановлений час, керівник робіт повинен через радіозв'язок або іншим засобом технологічного зв'язку уточнити у чергового по станції, який обмежує перегін, про фактичний час його руху і тільки після цього прийняти рішення про можливість подальшого безпечного руху до місця робіт. Чергові по станціях (поїзний диспетчер при диспетчерській централізації) про всі випадки зміни графіка руху швидкісних і високошвидкісних поїздів, як затримок, так і випередження на 10 хв і більше, повинні сповіщати:

- на станціях – керівників роботи по гучномовному зв'язку, радіозв'язку або іншими засобами технологічного зв'язку, відповідно до запису, зробленого керівником робіт у журналі форми ДУ-46;
- на перегонах – чергових структурних підрозділів, які у свою чергу повинні по радіозв'язку або іншими засобами

технологічного зв'язку передати цю інформацію керівникам, які виконують роботи на швидкісних і високошвидкісних дільницях.

Перед початком робіт керівник робіт зобов'язаний:

- вказати працівникам місце знаходження при пропуску швидкісних і високошвидкісних поїздів і місця складування інструменту і матеріалів;

- перевірити працездатність пристроїв радіозв'язку, як це передбачено документацією заводу-виготівника з їхньої експлуатації (керівництвом користувача);

- уточнити час проходження швидкісного або високошвидкісного поїзда у чергового по станції і звірити з ним годинник;

- огородити місце роботи (для ділянок з поганою видимістю і чутністю відповідно до затверджених схемами огороження місця виконання робіт).

Огородження місця проведення робіт має здійснюватися відповідно до Інструкції по сигналізації на залізниці України та внутрішніх документів ПАТ «Укрзалізниця». При цьому відстань від переносних червоних сигналів і від місця раптово виниклої перешкоди до першої петарди приймається рівною:

1) при швидкостях руху 161–200 км/год:

- на перегонах, де є керівні спуски менше 0,006 ‰, – 2150 м;

- на перегонах, де є керівні спуски 0,006 ‰ і крутіше, але не більше 0,010 ‰, – 2250 м;

2) при швидкостях руху 201–230 км/год:

- на перегонах, де є керівні спуски менше 0,006 ‰, – 2600 м;

- на перегонах, де є керівні спуски 0,006 ‰ і крутіше, але не більше 0,010 ‰, – 2750 м;

3) при швидкостях руху 231–250 км/год:

- на перегонах, де є керівні спуски менше 0,006 ‰, – 3400 м;

- на перегонах, де є керівні спуски 0,006 ‰ і крутіше, але не більше 0,010 ‰, – 3550 м.

Керівник робіт, отримавши сигнал від сигналістів про наближення поїзда, дає працівникам команду про необхідність відходу від колії на відстань не менше 5 м від крайньої рейки в заздалегідь визначене місце [4, 5]. Команда керівника робіт є наказом для всіх працівників. На дільницях колій швидкісних і високошвидкісних ліній всі роботи, в тому числі ті, що не вимагають огороження місця роботи сигналами зупинки, а також огляд колії, штучних споруд та інших об'єктів

інфраструктури, очищення стрілочних переводів, що примикають до високошвидкісних ділянок колії, повинні бути припинені не менше ніж за 20 хв до проходження швидкісного поїзда. Колії, споруди і пристрої мають бути приведені в стан, що забезпечує безпечний пропуск поїзда, матеріали та інструмент прибрані з колії, і не менше ніж за 10 хв до проходження швидкісного поїзда всі працівники повинні відійти на відстань не менше ніж 5 м на швидкісних і високошвидкісних ділянках від крайньої рейки колії, по якій має пройти поїзд. Відновлення робіт дозволяється тільки після проходження поїзда.

У випадках відмов пристроїв інфраструктури, що становлять загрозу безпеці руху, запитуються аварійні «вікна», які надаються незалежно від поїзної обстановки на вимогу керівника робіт.

Контрольні питання

1. Що є важливою умовою при організації руху поїздів на високошвидкісній магістралі?
2. Коли на ВШМ Франції та Японії рух пасажирських поїздів зупиняється для проведення ремонтно-профілактичних робіт?
3. Що таке «вікно»?
4. Що таке поєднані «вікна»?
5. Що повинен робити керівник робіт перед виходом на перегін?
6. У який час доби надаються «вікна» для ремонтних і будівельно-монтажних робіт на лініях змішаного руху?
7. Що повинен визначати керівник структурного підрозділу з керівниками робіт при плануванні майбутніх робіт?
8. Кого повинні сповіщати чергові по станціях (поїзний диспетчер при диспетчерській централізації) про всі випадки зміни графіка руху швидкісних і високошвидкісних поїздів, як затримок, так і випередження на 10 хв і більше?
9. Яку кількість екземплярів узгодженої виписки з ГРП по ділянкам робіт, що плануються, повинен видати керівник виробничого підрозділу перед виконанням робіт на швидкісній або високошвидкісній лінії?
10. Який наказ дає керівник робіт, отримавши сигнал від сигналістів про наближення поїзда?

8. Автоматизація диспетчерського керування рухом поїздів на ВШМ. Програмні комплекси оптимізації графіка руху високошвидкісних поїздів

8.1. Автоматизовані системи диспетчерського керування рухом поїздів на ВШМ

Високошвидкісні магістралі зазвичай функціонують у режимах руху поїздів з різними швидкостями, в цих випадках, крім контролю за рухом поїздів і роботою устаткування з використанням засобів автоматики і телемеханіки, диспетчер повинен вирішувати завдання, пов'язане з керуванням транспортними потоками. В таких умовах необхідним є створення систем диспетчерського керування рухом, які дозволили б виключити складний і рутинний процес приготування маршрутів і контролю за рухом поїздів за рахунок упровадження автоматичних функцій (автодиспетчер), а також інтегрувати керування всіма існуючими підсистемами [1]:

- система сигналізації і контролю (англ. Commanding Signalling Systems);
- ETCS Central Operation;
- енергозабезпечення лінії (англ. Energy Scadas);
- система безпеки (англ. Safety Detector Systems);
- система інформування пасажирів (англ. Passenger Information System).

Основою автоматизованого диспетчерського керування є:

- принцип керування рухом поїздів на ділянці, яка обслуговується одним диспетчером;
- виконання технологічних нормативів, що містяться у графіку руху поїздів і плані формування поїздів;
- реалізація технологічних процесів за правилами технічного нормування експлуатаційної роботи і забезпечення безпеки руху поїздів.

Автоматизовані системи диспетчерського керування рухом поїздів повинні забезпечувати можливість керування рухом поїздів на основі використання інформаційних технологій, засобів мікропроцесорної, обчислювальної, телекомунікаційної техніки і бути призначені для вирішення таких завдань:

- концентрації та інтеграції диспетчерського керування і контролю руху поїздів на залізницях і лініях у диспетчерських центрах;

- автоматизації функцій диспетчерського керування і контролю та інших функцій, моделювання процесу руху поїздів на дільницях і напрямках залізниць;

- концентрації керування рухом поїздів на великих станціях і прилеглих до них станціях, роз'їздах і обгінних пунктах, пересуваннями у віддалених парках.

Застосування автоматизованих систем диспетчерського керування рухом поїздів забезпечує:

- підвищення безпеки та покращення показників виконання прийнятого графіка руху поїздів за рахунок підвищення оперативності керування;

- збільшення зон керування, покращення умов праці оперативного персоналу за рахунок розширення технологічних можливостей керування станційними об'єктами і надання довідково-інформаційного та інших видів забезпечення;

- зниження капітальних витрат на впровадження систем за рахунок скорочення виробничих площ, зайнятих апаратурою, строків проведення проектних, будівельно-монтажних і пуско-налагоджувальних робіт;

- зниження експлуатаційних витрат за рахунок підвищення надійності пристроїв, розширення їхніх контрольних і діагностичних функцій, обслуговування пристроїв за їхнім фактичним станом та скорочення чисельності персоналу.

У класичній постановці диспетчерського керування кожною підсистемою керують окремо (рис. 8.1). На ВШМ потрібне створення інтегрованої інтелектуальної транспортної системи керування (англ. Integrated Intelligent Transport Management System). В основі даної інтелектуальної системи мають бути інтегровані такі завдання:

- вбудований інструмент планування;
- відстеження руху поїздів, прогнозування трафіка і в режимі реального часу перепланування;
- автоматична та інтелектуальна маршрутизація;
- автоматична ідентифікація поїзда;
- автоматична система інформування пасажирів і т. д.

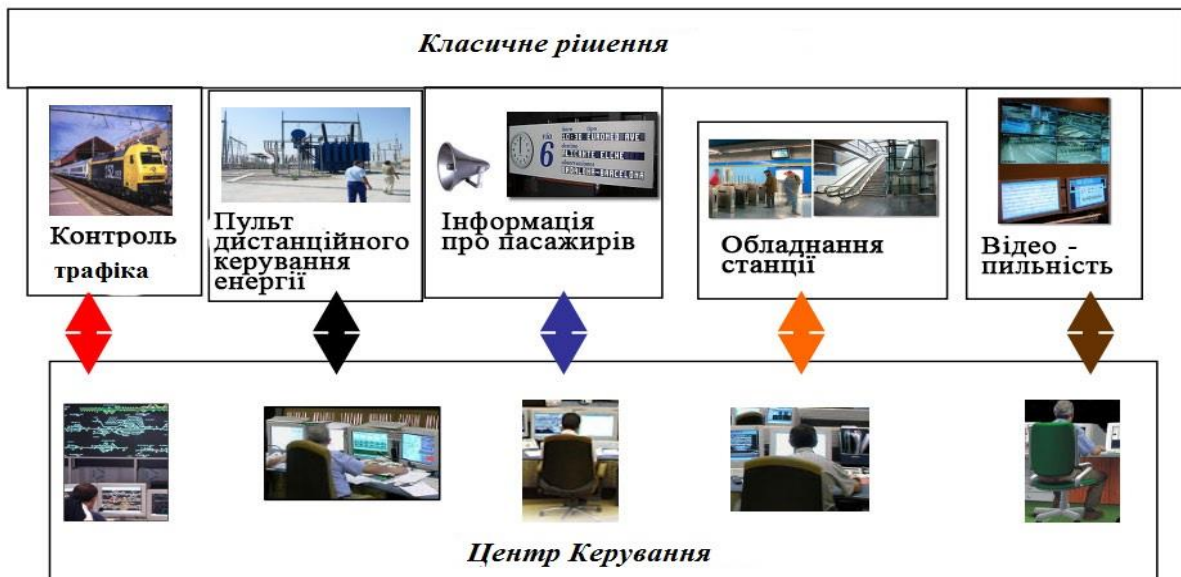


Рис. 8.1. Класичний варіант керування підсистемами на лінії ВШМ

Однією з таких інтелектуальних систем є система Cosmos, яка використовується на лінії Сінкансен [2] (рис. 8.2).

COSMOS: комп'ютеризована безпека, технічне обслуговування та експлуатаційні системи



Рис. 8.2. Схема підсистем, які інтегровані в систему Cosmos

Система Cosmos контролює параметри зовнішнього середовища і наявність чинників, які загрожують безпеці руху поїздів [3]. Дана система об'єднує різні прилади і пристрої, що

реєструють на різних відстанях несприятливі чинники (землетруси, обвали, випадання високого рівня опадів), і передає інформацію машиністу, який при необхідності приймає рішення про зниження швидкості або повної зупинки складу на небезпечних ділянках (рис. 8.3). Розташовується дана система на залізничних коліях. Також система дозволяє з єдиного диспетчерського центру керування JR відстежувати виконання графіка руху поїздів. Із застосуванням спеціального системного обладнання, встановленого у диспетчерів і старших змін, які відповідають за певний напрямок, відстежується рух усіх поїздів у реальному часі і при необхідності система автоматично вносить коректування у графік розкладу руху поїздів (у разі затримки) або видає рекомендації про скасування поїзда (у разі збою графіка). Крім цього, система відстежує розташування поїзда, контролює швидкість руху наступного складу, забезпечуючи його зупинку або рух на безпечній відстані.

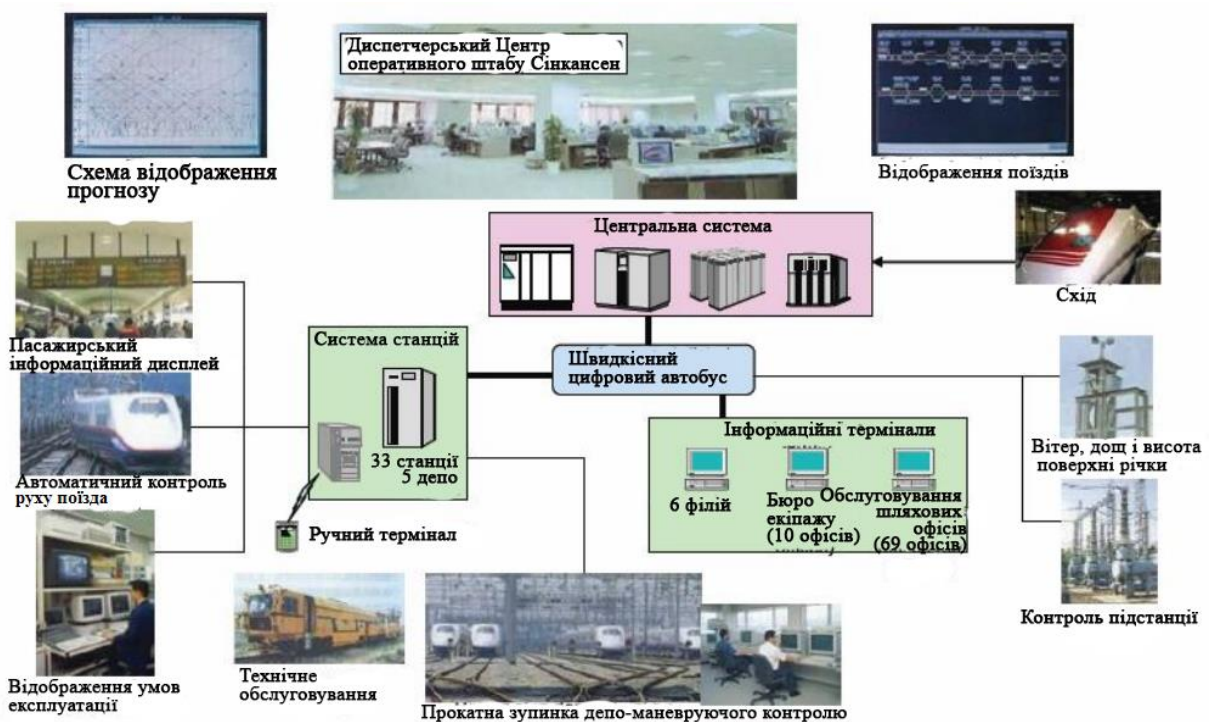


Рис. 8.3. Схема інтегрованих завдань в інтелектуальній системі Cosmos

Ще одним прикладом інтелектуальної системи диспетчерського керування рухом поїздів на ВШМ є система

COMTRAC (англ. COMputer-aided TRAffic Control), яка використовується на лінії Токайдо-Сінкансен.

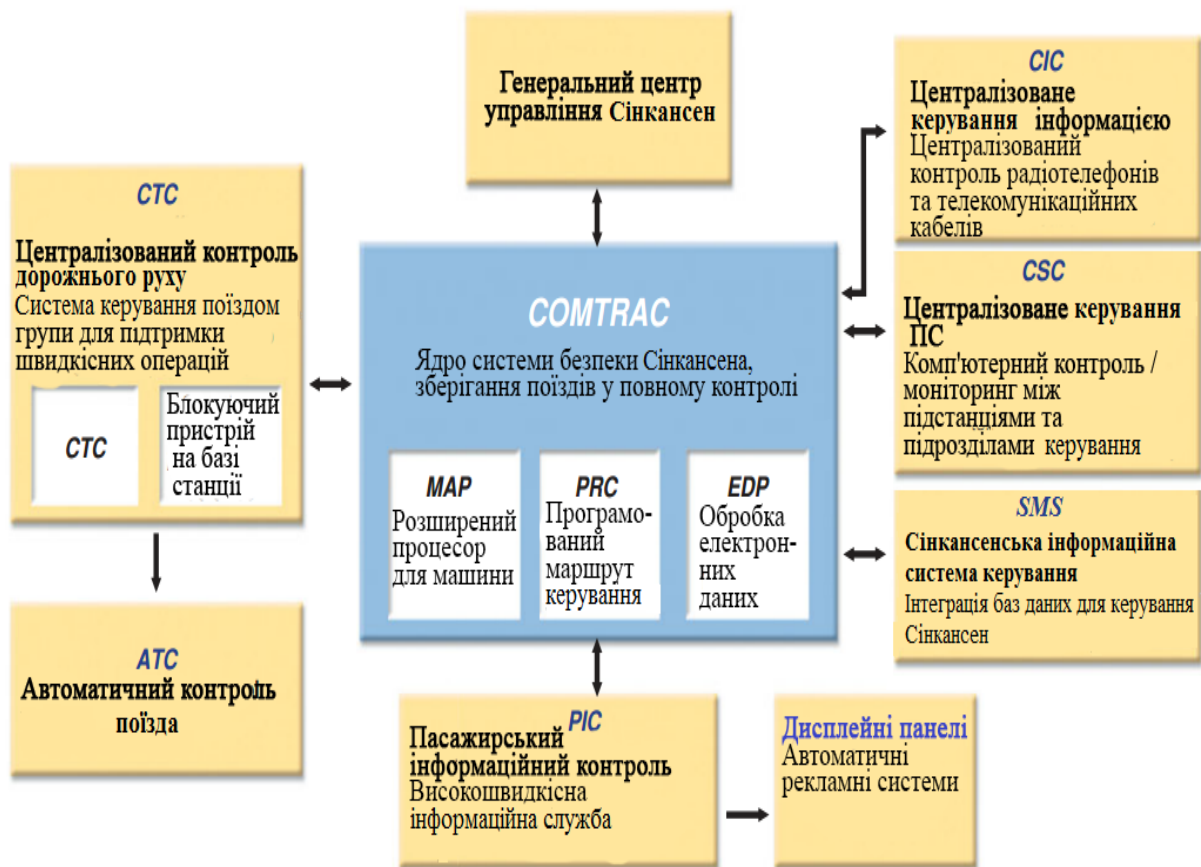


Рис. 8.4. Схема підсистем, які інтегровані в систему COMTRAC

Характерною особливістю залізничного транспорту Японії є висока щільність руху поїздів з інтервалами між поїздами менше двох хвилин для мережі з максимальною швидкістю 130 км/год і 5-6 хв для високошвидкісних поїздів Shinkansen з дуже високим ступенем виконання розкладу руху. Ці характеристики забезпечуються інтегрованим керуванням усією інфраструктурою за допомогою системи COMTRAC. Важливою підсистемою є диспетчерський центр керування. На рис. 8.5 подано схему розташування автоматизованих робочих місць диспетчерського персоналу центру керування на лінії Токайдо-Сінкансен.

Вигляд диспетчерського центру компанії Central Japan Railway Company's на високошвидкісній лінії Токайдо-Сінкансен наведено на рис. 8.6.

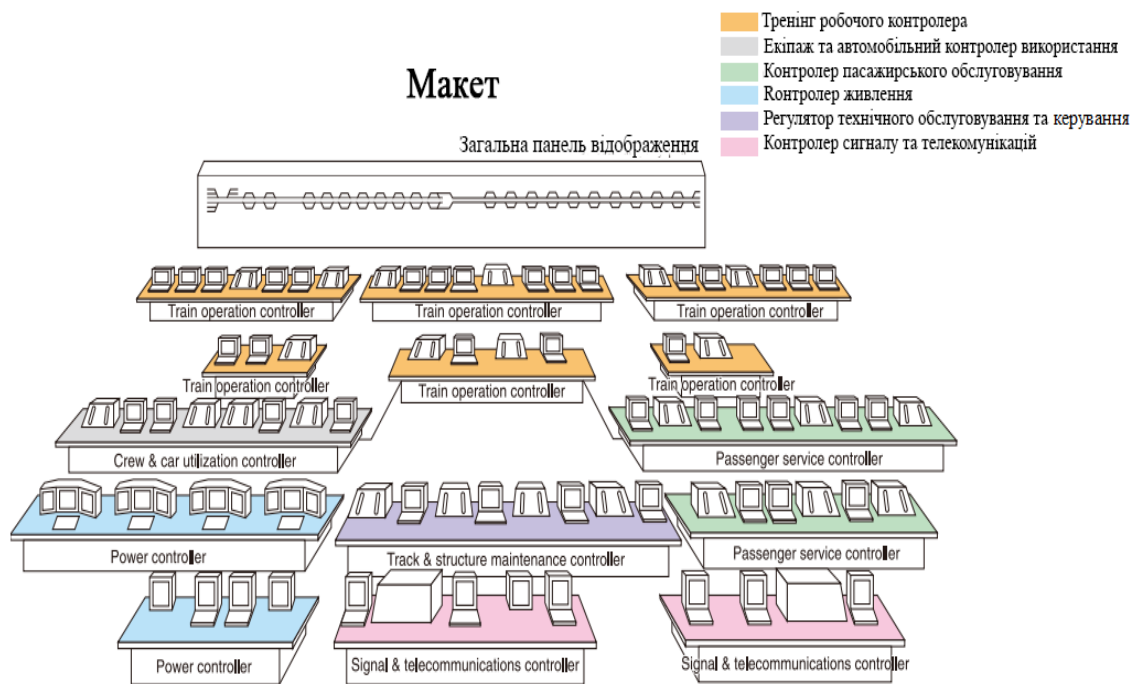


Рис. 8.5. Схема розташування автоматизованих робочих місць диспетчерського персоналу центру керування на лінії Токайдо-Сінкансен



Рис. 8.6. Диспетчерський центр на високошвидкісній лінії Токайдо-Сінкансен

8.2. Програмні комплекси оптимізації графіка руху високошвидкісних поїздів

На високошвидкісних магістралях непоодинокі випадки, коли відмова напільних пристроїв або несправність в одному з поїздів, що проходять при високій інтенсивності руху, призводять до збоїв у виконанні графіків і масових затримок на всій дільниці. Особливо часто це відбувається в умовах обмеженої пропускної спроможності, наприклад, на двоколіїному перегоні в період закриття однієї з колій з тимчасовим установленням вставок для схрещення й обгону поїздів, а також на високозавантажених одноколіїних (наприклад, у гірській місцевості) з постійно діючими двоколіїними вставками. Невеликі інтервали між схрещеннями поїздів вимагають безвідмовної роботи і злагодженої взаємодії усіх учасників експлуатаційного процесу та об'єктів інфраструктури, а вихід з ладу будь-якого з елементів системи навіть на короткий час призводить до багатогодинних затримок, а часом і до скасування поїздів. Особливо важкі такі наслідки для високошвидкісного пасажирського сполучення з високою швидкістю руху, розписаним заздалегідь графіком руху і запланованими в ньому хвилинними зупинками на роздільних пунктах. У цих умовах запізнення одного зі схрещених поїздів не дає можливості надалі нагнати час як затриманому поїзду, так і іншим, пов'язаним з його рухом зустрічним і попутним поїздам. Поправки, внесені у цьому випадку диспетчером, носять суб'єктивний характер, тому що людина не може швидко прорахувати і вибрати оптимальний варіант мінімізації наслідків збою у русі.

Багато компаній знайшли новий підхід до автоматизації диспетчерського керування рухом поїздів, запропонувавши програмні комплекси, що дозволяють об'єднати в одному інформаційному полі завдання розроблення коригування та оперативного супроводу графіка руху поїздів, планування обслуговування і ремонту інфраструктури ВШМ, аналіз і прийняття рішень в умовах збоїв графіка руху [4]. В такому програмному комплексі можливо в реальному часі безперервне порівняння фактичних даних про рух поїздів з плановим графіком, а при відхиленнях від нього внесення поправки в онлайн-розклад. Основна мета коригування розкладу –

скорочення запізнень поїздів у зв'язку з експлуатаційними обмеженнями. Моделювання руху поїздів на високозавантаженій ділянці продемонструвало ефективність застосування методів дискретної оптимізації.

Завданнями диспетчерського керування рухом поїздів є порівняння відомостей про фактичний рух поїздів зі встановленим графіком і коригування розкладу при істотних відхиленнях. При коригуванні розкладу для скорочення запізнень поїздів враховуються обмеження таких видів:

- топологічні (довжина колій, їхня вільність, ухили, обмеження швидкості);

- поїзні (довжина поїзда, пріоритетність і тягові характеристики);

- графікові (час відправлення, проміжні зупинки та узгоджений підхід поїздів до станцій).

В існуючих системах застосовуються сучасні методи оптимізації автоматичного диспетчерського керування рухом поїздів. Для забезпечення оптимального результату поправки вносяться не локально, а створюється повністю новий графік руху. Крім того, в рамках системи розглядається не тільки зміна часу відправлення (як у стандартних модулях керування рухом поїздів), але також альтернативні маршрути і зміна порядку проходження поїздів. Для роботи в реальному часі (тобто забезпечення швидкості розрахунків) використовуються складні моделі та алгоритми дискретної оптимізації. Ця технологія вже кілька років застосовується у системах підготовки розкладів і дозволяє складати безконфліктні графіки руху з точністю до маршрутів і секунд.

Запонована система керування рухом поїздів складається із компонентів, показаних на рис. 8.7.

База даних за графіками призначена для зберігання нормативних, оперативних і виконаних графіків диспетчерської системи.

Нормативний графік зазвичай складається автономними системами планування, і саме щодо цього графіка оцінюються фактичні затримки поїздів. В оперативному графіку відображені як фактичне пересування поїздів у минулому, так і прогноз руху на заданий період. Даний графік використовується в автоматичній системі диспетчерського керування рухом поїздів. Виконаний графік – це підсумковий стан оперативного графіка (рис. 8.8).



Рис. 8.7. Компоненти системи диспетчерського керування рухом поїздів

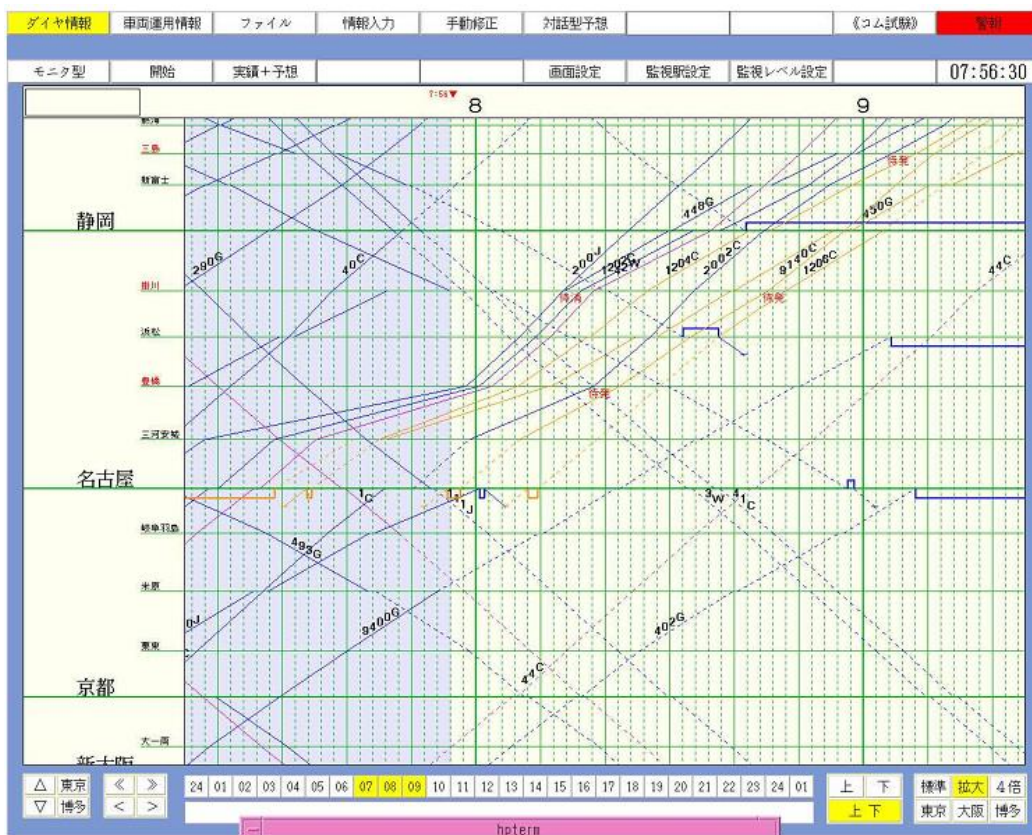


Рис. 8.8. Інтерфейс програмного комплексу для ведення виконаного графіка руху поїздів на лінії Токайдо-Сінкансен

Програма керування графіком формує оперативний графік, включаючи до нього отримані від програми стеження за поїздами дані про їхнє поточне місцезнаходження. Розрахунок прогнозованого руху для одного або декількох поїздів здійснюється на основі даних про фактичний рух та існуючих обмежень

(наприклад, обмеження швидкості або зайнятості колій). Істотні відхилення фактичного руху від заданого можуть привести до неузгоджень у прогнозованому графіку: одночасного підходу зустрічних поїздів до одноколійної дільниці і т. п. Програма керування графіком автоматично виявляє подібні конфлікти і самостійно запускає їхній дозвіл компонентами автоматичного диспетчера. Сформований оперативний графік передається у систему керування для автоматичного установаження поїзних маршрутів.

Автоматичний диспетчер є основним механізмом регулювання конфліктів, що виникають в оперативному графіку. Крім того, для загальної оптимізації руху поїздів періодично може виконуватися повна зміна графіка. Основною метою процедури оптимізації є скорочення запізнень поїздів (збільшення пропускнуої спроможності), викликаних експлуатаційними обмеженнями. Результати оптимізації, виробленої автоматичним диспетчером, вносяться в оперативний графік програмою керування графіком. Також автоматичний диспетчер відповідає за обробку команд, що вводяться вручну оператором через графічний інтерфейс графіка руху.

Графічний інтерфейс користувача відображує графіки різних типів і дозволяє оператору вносити зміни в графік-прогноз. Головним вікном є інтерфейс диспетчерського графіка, в якому рух поїздів по нитках відображається як функція часу [3]. На рис. 8.9 наведено приклад такого графіка. Користувач може працювати безпосередньо у самому вікні, створюючи, вибираючи, змінюючи або видаляючи об'єкти графіка (окремі нитки, маршрути, зупинки, схрещення і т. д.).

Розроблений комплекс автоматизації диспетчерського керування рухом поїздів засновано на глобальній оптимізації графіка руху в поєднанні із застосуванням моделей та алгоритмів теорії графів. Він дозволяє істотно скоротити запізнення поїздів порівняно з ручним диспетчерським керуванням при виникненні технічних збоїв, що підтверджено моделюванням близьких до дійсності сценаріїв для реальних залізничних ліній. При цьому можна очікувати також зниження енерговитрат завдяки виключенню додаткових зупинок і рушанню з місця, викликаних затримками інших поїздів.

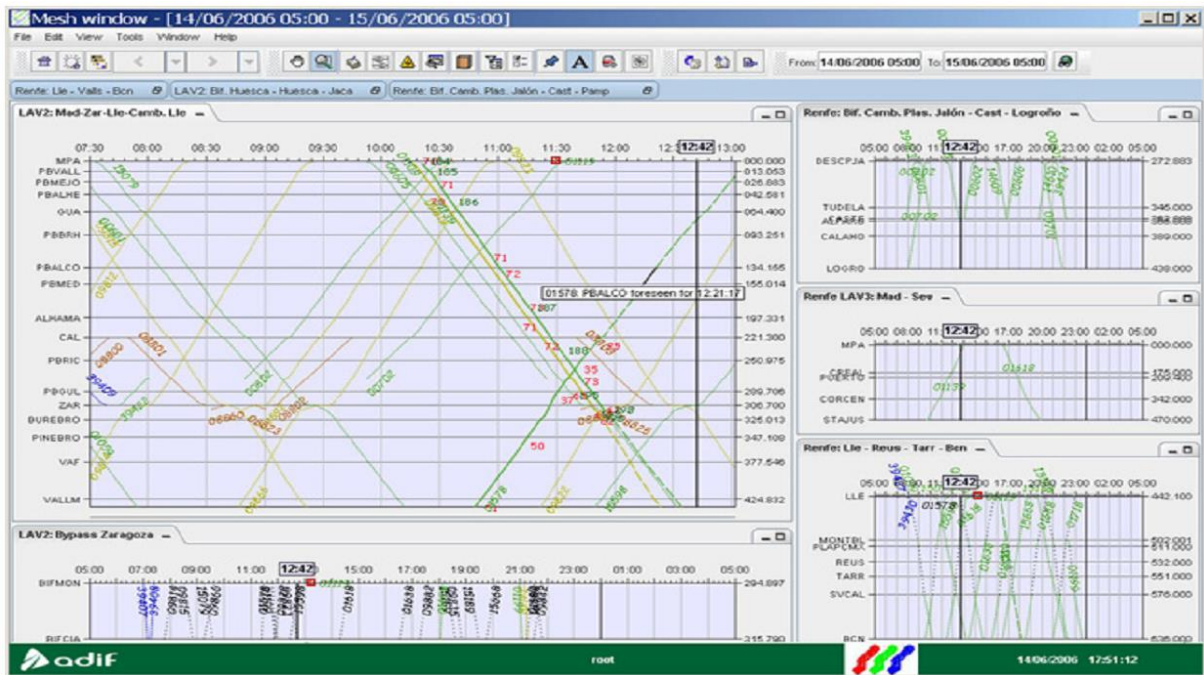


Рис. 8.9. Інтерфейс програмного комплексу для оптимізації графіка руху поїздів

Контрольні питання

1. Який принцип повинен лежати в основі автоматизованого диспетчерського керування?
2. Що забезпечує застосування автоматизованих систем диспетчерського керування рухом поїздів?
3. Які завдання повинні лежати в основі інтегрованої інтелектуальної транспортної системи керування (англ. Integrated Intelligent Transport Management System)?
4. Які інтелектуальні системи диспетчерського керування рухом поїздів на ВШМ існують за кордоном?
5. Як працює система Cosmos?
6. Як працює система COMTRAC?
7. Обмеження яких видів враховуються при коригуванні розкладу для скорочення запізнень поїздів?
8. Як і для чого складається нормативний графік?
9. Як і для чого складається оперативний графік?
10. Яке із завдань не повинна виконувати інтегрована інтелектуальна транспортна система керування рухом високошвидкісних поїздів?

9. Система взаємодії ВШМ і звичайних залізничних ліній

Мережа високошвидкісних магістралей дуже часто взаємодіє зі звичайними лініями. Оскільки основна мета високошвидкісної магістралі – забезпечити мінімальний час поїздки, трасу ВШМ прагнуть прокласти по найкоротшому напрямку між опорними пунктами. Магістраль може не заходити навіть у досить великі проміжні населені пункти, якщо це викликає відчутне подовження траси. Тому при проектуванні ВШМ ставиться завдання забезпечити зв'язок нової магістралі з існуючою залізничною мережею для можливості доставки пасажирів, що користуються ВШМ, у найбільші центри, розташовані між кінцевими пунктами магістралі (рис. 9.1). На ВШМ передбачаються станції, які можуть мати зв'язок із відповідними станціями при технічному переоснащенні існуючих залізниць. На трасі ВШМ необхідно через 50–80 км розташовувати станції для базування підрозділів з ремонту та поточного утримання колії, контактної мережі та інших лінійних пристроїв. Ці станції повинні мати вихід через сполучні гілки на існуючі лінії, за якими буде доставлятися ремонтна техніка та матеріали на високошвидкісну магістраль [1, 2].



Рис. 9.1. Схема взаємодії високошвидкісної магістралі Bretagne-Pays de la Loire зі звичайними залізничними лініями

Зазначені вимоги визначили принцип трасування високошвидкісних магістралей, за якими поряд з укладанням траси по найкоротшому напрямку передбачається через певні відстані перетин ВШМ з існуючими залізницями. Так запроектовано багато високошвидкісних ліній.

Найчастіше високошвидкісні лінії не мають спеціалізованих початкових і кінцевих терміналів на маршруті [3, 4]. Склалася дана ситуація через неможливість виділення спеціалізованої лінії у великих міських агломераціях. У таких умовах на початку і кінці спеціалізованої високошвидкісної магістралі існують зони змішаного руху поїздів (рис. 9.2). Диспетчеризація пропуску високошвидкісних поїздів тісно пов'язана з центрами керування на пасажирських вокзалах і звичайних залізничних лініях.



Рис. 9.2. Схема зон на високошвидкісній магістралі Москва-Санкт-Петербург

На залізницях Франції для руху високошвидкісних пасажирських поїздів побудовані спеціальні залізничні магістралі. При цьому високошвидкісні поїзди можуть виходити на звичайні залізничні лінії, а звичайні пасажирські поїзди ніколи не заходять на високошвидкісні залізничні лінії. Як правило, у великих містах високошвидкісні пасажирські поїзди обслуговуються на побудованих раніше вокзалах, які реконструйовані і розширені.

На вокзалах для обслуговування як високошвидкісних, так і звичайних поїздів функціонують спеціальні диспетчерські центри обслуговування (франц. Centre Opérationnel Escalé, COE) [4–6]. Приміщення диспетчерської COE Східного вокзалу подано на рис. 9.3.



Рис. 9.3. Диспетчерська СОЕ Східного вокзалу

Диспетчерський персонал СОЕ контролює обробку поїздів по відправленню і прибуттю на станції. Сам диспетчерський центр оснащений системою моніторів відеоспостереження за платформами вокзалу, системою GALITE з позиціонуванням локацій і часу відхилення від графіка поїздів, які відправляються з вокзалу (рис. 9.4). Інформаційне забезпечення центру дозволяє збирати і централізувати всю інформацію про поточну ситуацію з поїздами.

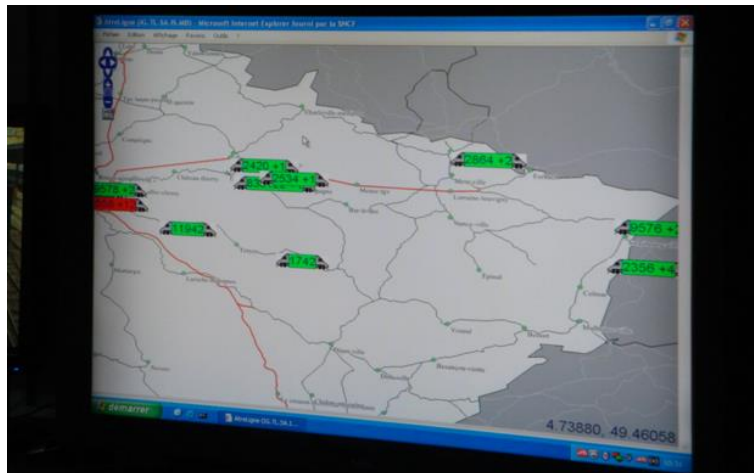


Рис. 9.4. Інтерфейс системи GALITE на моніторі АРМ диспетчера СОЕ Східного вокзалу

У СОЕ обладнано автоматизовані робочі місця диспетчерів з контролю обробки поїздів на коліях станції (фр. Manager escale ferroviaire), на якій встановлено систему AGORA (фр. Aide à la Gestion Opérationnelle par les acteurs de l'escAle), що дозволяє контролювати технологічний процес обробки поїздів (рис. 9.5).

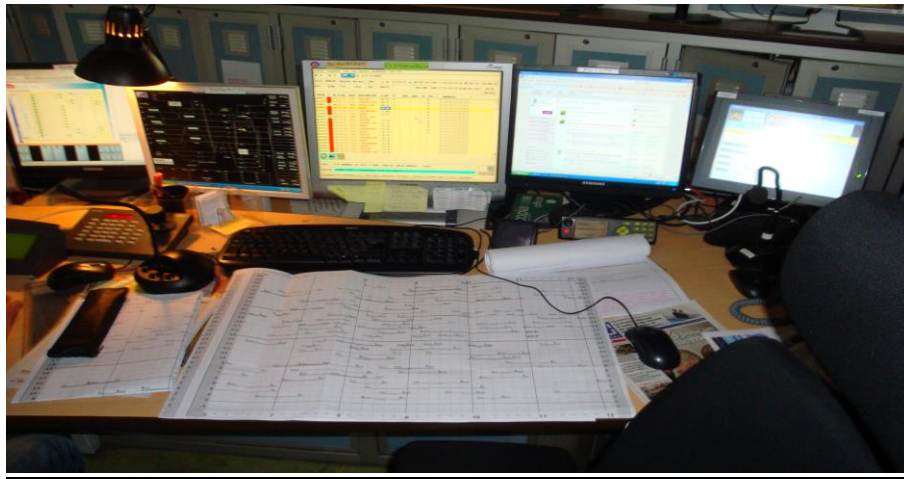


Рис. 9.5. АРМ диспетчера з обробки поїздів у СОЕ Східного вокзалу

Крім цього, існують АРМ диспетчера з керування стрілками і сигналами на станції для здійснення як поїзних, так і маневрових операцій на станції та АРМ старшого диспетчера. Після відправлення високошвидкісного поїзда і проходження станції поїзд передається в керування спеціалізованих постів віддаленого керування ВШМ, так званих PCD (фр. Poste de Commande à Distance) або CCR (фр. La Commande Centralisée du Réseau).

Одним із прикладів взаємодії високошвидкісних і звичайних залізничних ліній є полігон руху поїздів на південному сході Франції. На рис. 9.6 наведено схему залізничної мережі південного сходу Франції.

Координація високошвидкісних ліній здійснюється на регіональному рівні диспетчерського керування через пост керування рухом PAR (фр. le Poste d'Aiguillage et de Régulation), що розташовується на Ліонському вокзалі в Парижі, і CCR (фр. la Commande Centralisée du Réseau), який знаходиться у місті Діжон. На рис. 9.7 наведено фото приміщення диспетчерського поста керування рухом поїздів PAR на Ліонському вокзалі. PAR здійснює керування рухом поїздів на ВШМ Париж-Ліон, тоді як центр керування мережею CCR керує сполучними лініями Схід і Південь, а також вузлом в околицях Діжона і ВШМ Рейн-Рон (рис. 9.8.)

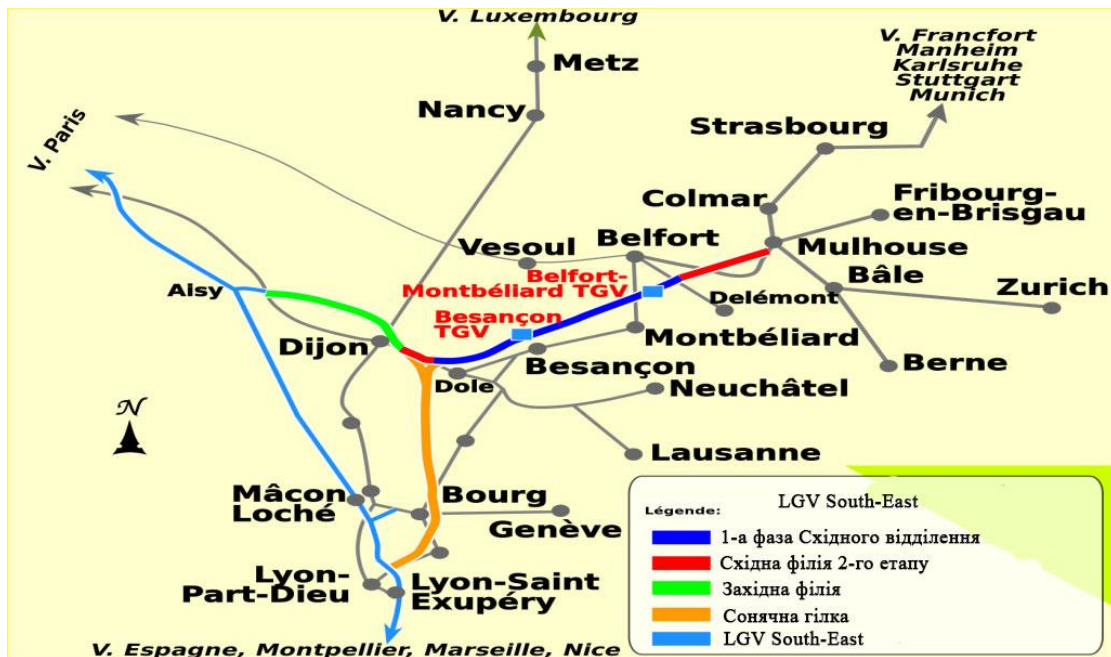


Рис. 9.6. Схема залізничної мережі високошвидкісних і звичайних ліній на південному сході Франції



Рис. 9.7. Диспетчерський пост керування рухом поїздів PAR на Ліонському вокзалі в Парижі



Рис. 9.8. Диспетчерський пост керування рухом поїздів PAR в околицях Діжона і ВШМ Рейн-Рон

Диспетчерські центри керування високошвидкісними магістралями координуються Національним центром залізничних операцій CNOF (фр. Le Centre National des Opérations Ferroviaires) через трьох диспетчерів HSL, які відповідають за кожен з напрямків ВШМ у Франції. До функцій диспетчерів входить координація віддалених диспетчерських постів ВШМ між собою і з диспетчерами, які керують звичайними лініями.

Для інформаційного супроводу знаходження високошвидкісних поїздів TGV на мережі ВШМ, під час їхнього проходження (з урахуванням відхилень від нормативного розкладу) в CNOF з 2001 р. використовується інформаційна система COLT (фр. Coordination Opérationnelle des Lignes TGV) (рис. 9.9).

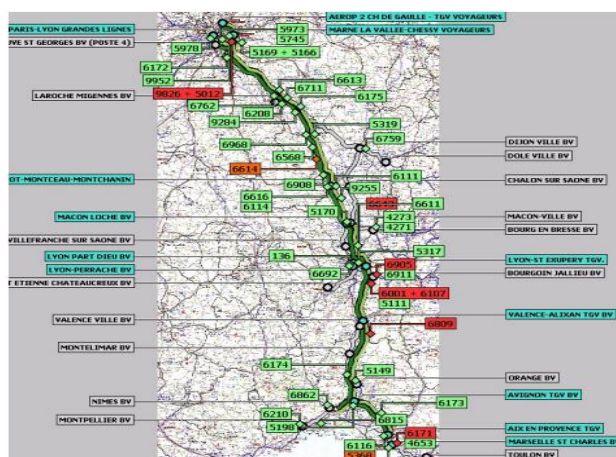


Рис. 9.9. Інтерфейс інформаційної системи COLT (фр. Coordination Opérationnelle des Lignes TGV), фото з екрана

На рівні інформаційного обслуговування пасажирів при взаємодії ВШМ і звичайних залізничних ліній на французьких залізницях були створені оперативні центри обслуговування пасажирів COS (фр. Centres Opérationnels des Services aux clients) (рис. 9.10).

У 2011 р. компанією SNCF Voyages була створена мережа з чотирьох центрів COS, кожен з яких відповідає за один з напрямків ВШМ – Північний, Східний, Південний та Атлантичний. COS призначені для підвищення якості керування обслуговуванням поїздів TGV, їхньої точності проходження і інформування пасажирів. До функцій диспетчерів COS входить

моніторинг у реальному часі якості обслуговування пасажирів у поїздах TGV (несправність дверей, чистота в салоні, обслуговування на борту) (рис. 9.11). Крім цього, у випадках запізень поїздів компанії SNCF Voyages здійснюється взаємодія з диспетчерськими центрами на регіональному та національному рівнях для узгодження і розроблення найбільш оптимального розкладу руху поїздів для скорочення запізень та узгодження взаємодії з поїздами TGV, що обертаються на інших лініях. До завдань центру також входить інформування на більш точному рівні пасажирів про всі зміни та організація обслуговування пасажирів у разі виникнення значних запізень.



Рис. 9.10. Операційне приміщення оперативного центру обслуговування пасажирів COS



Рис. 9.11. Автоматизоване робоче місце диспетчера в оперативному центрі обслуговування пасажирів COS

Контрольні питання

1. Принцип трасування високошвидкісних магістралей.
2. Яке завдання ставиться при проектуванні ВШМ?
3. Для чого і де функціонують спеціальні диспетчерські центри обслуговування?
4. Чим оснащені диспетчерські центри обслуговування?
5. Для чого призначена система AGORA?
6. Які АРМ існують на залізницях Франції?
7. Як здійснюється координація високошвидкісних ліній на регіональному рівні диспетчерського керування?
8. Ким координуються диспетчерські центри керування високошвидкісними магістралями на національному рівні?
9. Для чого використовується інформаційна система COLT?
10. Що входить до функцій диспетчерів оперативного центру обслуговування пасажирів COS на залізницях Франції?

Бібліографічний список

1. Vickerman, R. High-speed rail in Europe: experience and issues for future development [Text] / R. Vickerman // The Annals of Regional Science, 1997. – 31. – P. 21-38.
2. Givoni, M. Development and impact of the Modern High-Speed Train: A Review [Text] / M. Givoni // Transport Review. – 2006. – Vol. 26, No.5. – P. 593-611.
3. Phang, S.-Y. Strategic development of airport and rail infrastructure: the case of Singapore [Text] / S.-Y. Phang // Transport Policy. – 2003. – №10. – P. 27-33.
4. Ginés de Rus Economic Analysis of High Speed Rail in Europe [Text] / Ginés de Rus, Ignacio Barrón, Javier Campos, Philippe Gagnepain, Chris Nash, Andreu Ulied, Roger Vickerman // Fundación BBVA, 2009 Plaza de San Nicolás, 4. 48005 Bilbao. – 140 p.
5. Algorithms for railway traffic management in complex central station areas / A dissertation submitted to the ETH ZURICH for the degree of DOCTOR OF SCIENCES presented by Martin Fuchsberger. – 2012. – 145 p.
6. Efficient rail transport with the Vicos OC operations control system family: Cost-effective operations management // Siemens AG Industry Sector Mobility Division P.O. Box 3327D-38023 Braunschweig, Germany. – 16 p.
7. Greenshields, B. D. A Study of Highway Capacity [Text] / B. D. Greenshields // Proc. Highway Res. – 1935. – V. 14. – P. 448-477.
8. Greenberg, H. An Analysis of Traffic Flows [Text] / H. Greenberg // Oper. Res. – 1959. – V. 7. – P. 79-85.
9. Блохин, Е. П. Тренажер для обучения машинистов безопасным и экономичным способам вождения поездов [Текст] / Е. П. Блохин, Г. В. Евдомаха, К. И. Железнов // Залізничний транспорт України. – К.: ДП «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України», 1997. – Вип. 2-3. – С. 25-28.
10. Kerner, B. S. Experimental features of self-organization in traffic flow [Text] / B. S. Kerner // Physical Review Letters. — 1998. — V. 81, N. 17.

11. Kerner B.S. Introduction to Modern Traffic Flow Theory and Control [Text] / B. S. Kerner. – Berlin: Springer, 2009. – 278 p.
12. Інструкція з розрахунку наявної пропускної спроможності залізниць України [Текст]: ЦД 0036. – Затв. наказом Укрзалізниці 14.03.2001 р. № 143/Ц / М-во транспорту України, Держадміністрація залізничного транспорту України, Головне управління перевезень. – К. : Транспорт України, 2002. – 375 с.
13. Інструкція зі складання графіка руху поїздів на залізницях України [Текст]: ЦД-0040. – Затв. наказом Укрзалізниці 05.04.2002 № 170-Ц. – К., 2002. – 142 с.
14. Про розподілення пропускної можливості залізничної інфраструктури, стягнення зборів за користування залізничною інфраструктурою та сертифікації на відповідність вимогам безпеки [Електронний ресурс]: Директива 2001/14/ЄС Європейського парламенту та Ради від 26.02.2001 р. – Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32001L0014>.
15. Ейтутіс, Г. Міжнародний вимір продуктивності залізничного транспорту України як основа вибору напрямів його модернізації [Текст] / Г. Ейтутіс, В. Карпов, О. Никифорок // Економіст. – 2014. – № 5. – С. 63-68.
16. Railway capacity analysis: methodological framework and harmonization perspectives [Text] / Evangelia Kontaxi, Stefano Ricci // 12th WCTR, July 11-15, 2010 – Lisbon, Portugal. – 21 p.
17. Kraft, E. R. Jam Capacity of Single Track Rail Lines [Text] / E.R. Kraft // Proceedings of the Transportation Research Forum, 1982. – 23 (1) – P. 461-671.
18. Oliveira, E. A Job-Shop Scheduling Model for the Single-Track Railway Scheduling Problem [Text] / E. Oliveira, B. M. Smith // Research Report University of Leeds, 2000. – 21 p.
19. Österreichische Bundesbahnen (ÖBB), UIC – Capacity Leaflet 3 – Capacity calculations – Final draft ÖBB, 2004. – 56 p.
20. UIC leaflet 406 R, Capacity. UIC International Union of Railways, France, 2004.
21. Greenshields, B. D. A Study of Highway Capacity [Text] / B. D. Greenshields, // Proc. HighwayRes. – 1935. – V. 14. – P. 448-477.

22. Greenberg, H. An Analysis of Traffic Flows [Text] / H. Greenberg // Oper. Res. – 1959. – V. 7. – P. 79-85.
23. Happel, Oskar: Sperrzeitentreppe als Grundlage für die Fahrplankonstruktion, Eisenbahntechnische Rundschau 8 (1959) Heft 2, Brussels. – P. 79–90.
24. Existing Command – Control systems in Europe. Workshop on ETCS mode "Limited Supervision" 30.6.04. UIC, Paris, 2004. – 7 p.
25. DB AG: Information about critical requirements for locomotives in European approval-procedures. 2002. Brussels-17 S.
26. Naumann P., Pach I J. Leitund Sicherungstechnik im Bahnbetrieb: Fachlexikon.-Hamburg: Tetzlaff, 2002.-255 S.
27. Hansen, I. A. (2005). Current State of the Art of Railway Operations Research. Conference on Excellence in Railway Systems Engineering and Integration. Derby, UK. – 45 p.
28. Hansen, I. A. and Nie, L. (2005). "System analysis of train operations and track occupancy at railway stations." European Journal of Transport and Infrastructure Research 5(1): Delft, 31-54.
29. Gatto, M. Railway delay management: exploring its algorithmic complexity [Text] / M. Gatto, B. Glaus, R. Jacob, L. Peeters, P. Widmayer // 2004In: Proceedings of Ninth Scand. Workshop on Algorithm Theory (SWAT), volume 3111 of LNCS. – P. 199–211.
30. Cai, X. Greedy heuristics for rapid scheduling of trains on a single track [Text] / X. Cai, C. J. Goh, A. I. Mees // IIE Transactions 1998. 30 (5). – P. 481–493.
31. Caprara, A. Modeling and solving the train timetabling problem. [Text] / A. Caprara, M. Fischetti, P. Toth // Operations Research. – 2002. – 50 (5). – P. 851–861.
32. Dinh Nguyen PHAM Complex Job Shop Scheduling: Formulations, Algorithms and a Healthcare Application/ Dinh Nguyen PHAM [Text] // Thesis presented to the Faculty of Economics and Social Sciences at the University of Fribourg (Switzerland). – 2008. – 162 p.
33. Gonzalez, T. Open shop scheduling to minimize finish time [Text] / T. Gonzalez, S. Sahni // J. ACM. – 1976. – Vol. 23. – P. 665–679.

34. Gonzalez, T. Flowshop and jobshop schedules: complexity and approximation [Text] / T. Gonzalez, S. Sahni // Oper. Res. – 1978. - Vol. 26, N 1. – P. 36–52.

35. Capacity and reliability on railway networks: a simulative approach/ dott. ing. GIORGIO MEDEOSI/ UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE Sede Amministrativa del Dottorato di Ricerca. ANNO ACCADEMICO 2008/2009. – 140 p.

36. Nyström, Birre, Punctuality and Railway Maintenance/ Nyström Birre // LICENTIATE THESIS Luleå: University of Technology Department of Applied Physics and Mechanical Engineering Division of Machine Elements. – 2005. – 76 p.

37. Punctuality model for railways [Text] / A. H. Kaas, J. Allan, R. J. Hill, C. A. Brebbia, G. Sciutto, S. Sone // Proc. of the 7th International conference on Computers in Railways. – 2000. – P. 853-860.

38. GARDE Alain, Le Centre National des Opérations Ferroviaires de la SNCF, in Revue Générale des Chemins de Fer, février 2010. – P. 4-14

39. GAUYACQ Daniel, Outils d'aide à la supervision et à la gestion en opérationnel des circulations, in Revue Générale des Chemins de Fer, n°143, octobre 2005. – P. 25-44.

40. JOUSSET Jean-Marc, Système d'information et gestion des circulations ferroviaires, in Revue Générale des Chemins de Fer, décembre 2004. – P. 11-23.

41. ROYER Christophe et CHEZROUSE Bernard, L'exploitation ferroviaire : les contraintes du système et la performance des hommes, in Revue Générale des Chemins de Fer, n°162, juin 2007. – P. 35-42.

42. Інструкція з організації прискореного руху пасажирських поїздів на залізницях України щодо вимог до інфраструктури та рухомого складу [Текст]. – Введ. 19.03.2012 р. – К. : Транспорт України, 2012. – 45 с.

43. Automatic railways traffic management in high speed lines [Text] / Francisco José de la Vega, A. Berrios, Luis Díez, Jose Miguel Rubio// 2008. – 10 p.

44. Signalling Systems for Safe Railway Transport [Text] / Tetsuo Takashige // Japan Railway &Transport Review. Tokyo. – 1999. – P. 44-50.

45. A new diagram forecasting system for the Tokaido-Sanyo Shinkansen [Text] / Kenichi Fukami, Hiroshi Yamamoto // Central Japan Railway Company, 2-6-2 Otemachi, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan. – 6 p.

46. ABS/NBS Nürnberg - Erfurt - Halle/Leipzig – Berlin / Abschnitt Erfurt - Leipzig/Halle. Projektzentrum Leipzi. Wir planen und bauen im Auftrag der Deutschen Bahn // Verkehrsprojekt Deutsche Einheit. – Schiene. – Nr. 8. – 20 p.

47. Improvement of the accuracy of determining movement parameters of cuts on classification humps by methods of video analysis [Text] / S. Panchenko, I. Siroklin, A. Lapko, A. Kameniev, S. Zmii // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 4(3). – P. 25-30.

48. PREMIER VOYAGE SUR LA LGV RHIN-RHÔNE/SNCF-RFF/ Dossier de presse 30 juin 2011. – 16 p.

49. TROIN J.F. (200 8), Les gares nouvelles du TGV «exurbanisées». Fonctionnement et relation au territoire , Rapport réalisé pour la DIACT, FNAUT, 66 p.

50. VARLET J. (2000), «Dynamique des interconnexions des réseaux de transports rapides en Europe: devenir et diffusion spatiale d'un concept géographique», Flux n°41, pp. 5- 16.

51. High speed rail: Fast track to sustainable mobility // UIC: Paris, 2012. 36 p.

52. NeTS – Netzweites Trassen-System und RCS – Rail Control System [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://company.sbb.ch/content/dam/sbb/de/pdf/sbb-konzern/sbb-als-geschaeftpartner/RCS/I-UE_VK_Broschuere_NETS_und_RCS_Innotrans_dt.pdf.sbbdownload.pdf.

Термінологічний словник

Аварійне «вікно» – «вікно», що надається незалежно від поїзної обстановки на вимогу керівника робіт у випадках відмов пристроїв інфраструктури, що становлять загрозу безпеці руху.

Автоматизована система диспетчерського керування рухом поїздів – система, що складається з комплексу засобів автоматизації діяльності оперативного персоналу: обчислювальної техніки, засобів телемеханіки та зв'язку, програмного, інформаційного та інших видів забезпечення, і реалізує інформаційну технологію централізованого диспетчерського керування і контролю руху поїздів на полігоні керування.

Безпека високошвидкісного транспорту – стан високошвидкісного залізничного транспорту, при якому відсутній неприпустимий ризик, пов'язаний із заподіянням шкоди життю або здоров'ю громадян, майну фізичних або юридичних осіб, державному або муніципальному майну, навколишньому середовищу, життю або здоров'ю тварин і рослин.

Варіантний графік руху поїздів (ВГРП) – графік руху поїздів, який розробляється на дільницях, де надаються «вікна» для ремонтних і будівельних робіт, що впливають на умови пропуску поїздів і розміри руху поїздів (у парах). ВГРП діють як на тривалий період, так і на конкретні дати надання «вікон».

Високошвидкісна залізнична магістраль (ВШМ) – виділена (спеціалізована) новозбудована високошвидкісна залізнична лінія, на якій по всій її довжині або на окремих дільницях здійснюється рух пасажирських поїздів зі швидкостями понад 200 км/год.

Високошвидкісна лінія – залізнична лінія, на якій по всій її довжині або на окремих дільницях рухаються пасажирські поїзди із швидкостями понад 200 км/год.

Високошвидкісний залізничний рухомий склад – моторні та немоторні вагони, з яких формується високошвидкісний залізничний рухомий склад, призначений для перевезення

пасажирів та (або) багажу, поштових відправлень зі швидкістю понад 200 км/год.

Високошвидкісний пасажирський поїзд – пасажирський поїзд, який по дільниці (окремими дільницями) проходження здійснює рух із швидкістю більше 200 км/год.

Високошвидкісний рух пасажирських поїздів – рух поїздів зі швидкостями понад 200 км/год.

Високошвидкісний рухомий склад – моторні та немоторні вагони, з яких формується високошвидкісний залізничний рухомий склад, призначені для перевезення пасажирів і (або) багажу, пошти зі швидкістю понад 200 км/год.

«Вікно» – час, протягом якого припиняється рух поїздів по перегону, окремих коліях перегону або станції для виконання ремонтно-будівельних робіт.

«Вікно» великої тривалості – ремонтно-будівельне «вікно» тривалістю понад 8 год на двоколійному перегоні і понад 6 год на одноколійному.

Гетерогенність – властивість, що визначає приналежність графіка до паралельного типу.

Графік виконаного руху (ГВР) – графік руху поїздів, який ведеться на спеціальному бланку поїзним диспетчером дільниці (ДНЦ) або автоматично з використанням спеціальних програм, відображає виконання всіма службами залізниці встановленого нормативного або варіантного графіка руху поїздів. На основі аналізу ГВР розраховуються якісні і кількісні показники роботи дільниці.

Децентралізоване керування – процес, при якому значна кількість керуючих впливів, що відносяться до даного об'єкта, виробляються самим об'єктом на основі самоврядування. Ступінь децентралізації керування обумовлюється ступенем надання повноважень або прав прийняття самостійних рішень керуючими відділеннями. Делегування повноважень є складовою частиною децентралізації.

Диспетчерська централізація – система регулювання руху поїздів на блок-дільницях залізниць з одного пункту керування із

застосуванням засобів телемеханіки. Диспетчерська централізація є поєднанням автоблокування на перегонах з електричною централізацією стрілок і сигналів станцій дільниці та апаратурою телекерування і телесигналізації, пристроями місцевого керування стрілками і сигналами на станціях, центральним диспетчерським апаратом, пультом керування зі світловим табло, пристроєм для автоматичної реєстрації руху поїздів і т. д. Всі операції з приймання і відправлення поїздів на станціях дільниці виконує поїзний диспетчер, який знаходиться у пункті керування, а прямування поїздів по перегонах регулюється автоматично за сигналами прохідних світлофорів.

Диспетчерське керування – режим керування, при якому керування об'єктами станцій і процесом руху поїздів у зоні керування здійснює поїзний диспетчер.

Диспетчерський пульт – ряд панелей з органами керування, контролю, сигналізації та засобами диспетчерського зв'язку, за допомогою яких диспетчер контролює і координує хід робочого процесу на об'єкті керування. Диспетчерський пульт зазвичай входить до складу диспетчерського пункту. Залежно від умов і специфіки об'єкта диспетчеризації диспетчерський пульт часто конструктивно об'єднують із диспетчерським щитом або мають у безпосередній близькості від нього.

Диспетчерський пункт – центр системи диспетчерського керування, де зосереджується інформація про стан виробництва, рух транспорту, енергопостачання під час будівництва та ін. До складу диспетчерського пункту входять: операторська (зал чергувань, кабінет), де знаходиться робоче місце диспетчера; апаратна з допоміжним обладнанням; контрольно-ремонтна майстерня з черговим персоналом, який обслуговує обладнання диспетчерського пункту; допоміжні приміщення. Робоче місце диспетчера (оператора), диспетчерський пульт і диспетчерський щит розміщують так, щоб диспетчеру однаково добре було видно всі контрольні прилади, елементи сигналізації, екрани (табло), пристрої відображення інформації і промислового телебачення. Розміри та оснащеність диспетчерського пункту залежать від виду і характеру контрольованих процесів і об'єктів керування.

Диспетчерський центр керування – організаційно-технологічна структура, призначена для централізованого диспетчерського керування перевізним процесом на заданому полігоні. По суті є структурним елементом пункту керування, що складається із сукупності засобів обчислювальної техніки, програмного, інформаційного та інших видів забезпечення, в якому сконцентровано автоматизовані робочі місця оперативного персоналу зон керування у технологічно обґрунтованому полігоні керування.

Залізнична колія – підсистема інфраструктури високошвидкісного залізничного транспорту, що включає до себе *верхню будову колії, земляне полотно, водовідвідні, водопропускні, протидеформаційні, захисні та укріплювальні споруди земляного полотна, розташовані в смузї відводу, а також штучні споруди.*

Інфраструктура ВШМ – технологічна система, що включає до себе сукупність підсистем залізничної колії, залізничного енергопостачання, залізничної автоматики і телемеханіки, залізничного електрозв'язку, станційних споруд і пристроїв виділених ліній високошвидкісного залізничного транспорту.

Маршрути – послідовність роздільних пунктів і перегонів для опису маршрутів руху поїздів різних напрямків.

Надійність – здатність системи (або компонента) виконувати необхідні функції відповідно до прийнятих умовами протягом певного періоду часу (IEEE 1990). Залізнична система є надійною, коли поїзди рухаються за встановленим графіком руху більшу частину часу. Для визначення надійності системи залізниць використовується багато показників: найбільш часто – середнє і стандартне відхилення різниць між очікуваним і запланованим часом прибуття.

Нормативне технологічне «вікно» – час, передбачений нормативним графіком руху поїздів на дільниці залізниці для щодобової організації робіт з поточного утримання інфраструктури.

Нормативний графік руху поїздів (НГРП) – графік руху поїздів, який розробляється і складається щорічно технологіями

відділу розробки графіків руху поїздів служби перевезень залізниць. Новий НГРП вводиться в останню неділю травня до початку кампанії літніх пасажирських перевезень. На дільницях з різними обсягами пасажирських перевезень у літній і зимовий періоди після закінчення літніх пасажирських перевезень вводиться НГРП з коригуванням на зиму. На основі НГРП складаються книги розкладів поїздів.

Перевізний процес – сукупність організаційно і технологічно взаємопов'язаних операцій, які виконуються при підготовці, здійсненні і завершенні перевезень пасажирів, вантажів, багажу і вантажобагажу залізничним транспортом.

Перегони – окремі частини головних колій між двома роздільними пунктами.

Період графіка – час заняття перегону парою або групою поїздів, що чергуються, характерною для різних типів графіка.

Підсистема керування та контролю (англ. control-command subsystem) визначається як набір функцій та їхня реалізація, що дозволяють здійснювати безпечний і передбачуваний рух поїздів з метою забезпечення необхідних характеристик експлуатації.

Поєднане «вікно» – «вікно», протягом якого на одному перегоні одночасно різними підприємствами проводяться роботи по ремонту об'єктів інфраструктури.

Поїзний диспетчер – відповідальний працівник господарства перевезень залізничного транспорту, який одноосібно керує рухом поїздів на своїй дільниці (диспетчерському колі) і несе за це повну відповідальність. Його накази з руху поїздів підлягають беззаперечному виконанню працівниками, пов'язаними з рухом поїздів: черговими по станціях, машиністами локомотивів, головними кондукторами збірних поїздів і т. д. Ніхто, крім поїзного диспетчера, не має права давати оперативні розпорядження з руху поїздів.

Полігон – частина залізничної мережі, що характеризується єдиними технічними або технологічними ознаками, які визначають умови експлуатаційної роботи.

Полігон диспетчерського керування – зона керування перевізним процесом, інтегрована в диспетчерському центрі з технологічних міркувань.

Пунктуальність – відсоток поїздів, які прибувають у межах певного відхилення від запланованого часу прибуття. Дана характеристика є однією з важливих критеріїв оцінювання якості роботи залізничної системи.

Система диспетчерського керування являє собою верхній рівень автоматизації технологічного об'єкта, який об'єднує окремі локальні САК у комплексну автоматизовану систему керування.

Стабільність – здатність системи поглинати незначні затримки поїздів, тобто дозволяти системі дуже швидко відновити рух поїздів у нормальних умовах після виникнення затримок поїздів.

Стійкість вказує, наскільки залізнична система близька до затримок у русі поїздів. Якщо система не є стійкою, то незначні затримки викликають досить тривалі збої у русі, які поширюються дуже швидко.

Технологічне «вікно» – період часу, передбачений у графіку руху поїздів для виконання робіт з поточного утримання колії і пристроїв електропостачання, тривалість якого становить 1,5–2 год.

Траса – просторова вісь залізниці на рівні бровки земляного полотна.

Трасування – це пошук оптимального розміщення плану і поздовжнього профілю траси. Воно здійснюється шляхом проектування плану лінії по картах у горизонталях з одночасним складанням поздовжнього профілю траси. Детальне трасування здійснюється уздовж намічених конкурентоспроможних найкоротших напрямків, що з'єднують опорні пункти і наявні фіксовані точки. При цьому досліджується можливість використання водовідвідних та водорегуляційних споруджень.

Централізоване керування – процес, при якому глобальні команди, сигнали формуються у єдиному центрі керування і передаються з нього на численні об'єкти керування.

Час закінчення «вікна» – час передачі наказу ДНЦ про відкриття перегону (колії) для руху поїздів.

Час початку «вікна» – час передачі наказу ДНЦ про фактичне закриття перегону (колії).

Швидкісна лінія – залізнична лінія, на якій по всій її довжині або на окремих ділянках рухаються пасажирські поїзди із швидкостями понад 140 і до 200 км/год включно.

Швидкісний пасажирський поїзд – пасажирський поїзд, який по ділянці (окремими ділянками) проходження здійснює рух із швидкістю від 141 до 200 км/год включно.

Швидкісний пасажирський рух – рух пасажирських поїздів із швидкістю понад 140 і до 200 км/год включно.

Швидкісний рухомий склад – локомотиви, пасажирські вагони, моторвагонний рухомий склад, призначені для забезпечення здійснення перевезень зі швидкістю руху в інтервалі від 141 до 200 км/год включно.

