

ФАКУЛЬТЕТ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Кафедра залізничних станцій та вузлів

**ПРОЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ
ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

Конспект лекцій

Харків – 2019

Проектування об'єктів залізничної інфраструктури:
Конспект лекцій / Г. В. Шаповал, В. В. Кулешов,
М. Ю. Куценко, К. В. Крячко, Г. І. Шелехань. – Харків:
УкрДУЗТ, 2019. – 109 с.

Наведено основні відомості про залізничні вузли як об'єкти залізничної інфраструктури. Показано схеми первинних і крупних залізничних вузлів і їх подальший розвиток. Розглянуто розв'язки підходів, з'єднувальні колії та обходи залізничних вузлів. Наведено спеціалізацію об'єктів залізничної інфраструктури у вузлі. Надано загальні положення проектування об'єктів залізничної інфраструктури. Розглянуто основні етапи виконання робіт з організації вишукування та проектування об'єктів залізничної інфраструктури. Показано основи організації спорудження об'єктів залізничної інфраструктури та порядок приймання їх в експлуатацію. Проаналізовано критерії оцінювання проектів будівництва об'єктів залізничної інфраструктури. Визначено моделі сітьового планування та управління. Розглянуто питання управління ризиками в проектах об'єктів залізничної інфраструктури.

Рекомендується для студентів спеціальності 275.02 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)».

Іл. 34, табл. 27, бібліогр.: 10 назв.

Конспект лекцій розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри залізничних станцій та вузлів 11 березня 2019 р., протокол № 8.

Рецензент

проф. Д. В. Ломотько

ПРОЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Конспект лекцій

Відповідальний за випуск Кулешов В. В.

Редактор Ібрагімова Н. В.

Підписано до друку 05.04.19 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк. арк. 5,75. 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.....	6
Тема 1. Основні відомості про залізничні вузли як об'єкти залізничної інфраструктури.....	8
1.1 Загальні поняття і класифікація залізничних вузлів як об'єктів залізничної інфраструктури.....	8
1.2 Характеристика поїздо- та вагонопотоків у залізничному вузлі.....	9
1.3 Характеристика основних елементів залізничних вузлів і принципи їх розміщення.....	11
Тема 2. Схеми первинних залізничних вузлів і їх подальший розвиток.....	14
2.1 Аналіз схем залізничних вузлів з однією станцією.....	14
2.2 Аналіз схем залізничних вузлів хрестоподібного типу..	15
2.3 Аналіз схем залізничних вузлів трикутного типу.....	17
2.4 Передумови розвитку залізничних вузлів як об'єктів залізничної інфраструктури.....	18
Тема 3. Схеми крупних залізничних вузлів і їх подальший розвиток.....	20
3.1 Аналіз схем залізничних вузлів з паралельним розташуванням станцій.....	20
3.2 Аналіз схем залізничних вузлів з послідовним розташуванням станцій.....	21
3.3 Аналіз схем залізничних вузлів радіального типу.....	22
3.4 Аналіз схем залізничних вузлів тупикового типу.....	23
3.5 Аналіз схем залізничних вузлів кільцевого типу.....	24
3.6 Аналіз схем залізничних вузлів напівкільцевого типу...	25
3.7 Аналіз схем залізничних вузлів комбінованого типу....	26
Тема 4. Розв'язки підходів, з'єднувальні колії та обходи залізничних вузлів.....	28
4.1 Призначення та види розв'язок.....	28
4.2 Розв'язки підходів в одному рівні.....	28
4.3 Розв'язки підходів у різних рівнях.....	32
4.4 Проектування плану та поздовжнього профілю колієпровідних розв'язок.....	35
4.5 Типи колієпроводів і їх технічна характеристика.....	36

Тема 5. Спеціалізація та розрахунок об'єктів залізничної інфраструктури у вузлах.....	37
5.1 Розрахунок перехрещень маршрутів на підходах до об'єктів інфраструктури залізничного вузла.....	37
5.2 Розміщення сортувальних станцій у залізничному вузлі.....	40
5.3 Розміщення вантажних станцій у залізничному вузлі...	40
5.4 Розміщення пасажирських пристроїв у залізничному вузлі.....	42
5.5 Розміщення пристроїв локомотивного і вагонного господарств у залізничному вузлі.....	43
5.6 З'єднувальні колії та обходи вузлів.....	44
Тема 6. Загальні положення проектування об'єктів залізничної інфраструктури.....	45
6.1 Категорії залізниць.....	45
6.2 Траса, план і профіль лінії.....	46
6.3 Загальні відомості проектування та устаткування колій для швидкісного руху.....	52
Тема 7. Основні етапи виконання робіт з організації вишукування та проектування об'єктів залізничної інфраструктури.....	55
7.1 Послідовність виконання робіт з розроблення проектів	55
7.2 Зміст проектів і порядок їх розроблення.....	57
Тема 8. Основи організації спорудження об'єктів залізничної інфраструктури та порядок приймання їх в експлуатацію.....	59
8.1 Основи організації та планування об'єктів залізничної інфраструктури.....	59
8.2 Послідовність розроблення проектів об'єктів залізничної інфраструктури.....	62
8.3 Порядок приймання в експлуатацію проектів об'єктів залізничної інфраструктури.....	66
Тема 9. Оцінювання проектів будівництва об'єктів залізничної інфраструктури.....	70
9.1 Загальні принципи порівняння варіантів проектів об'єктів залізничної інфраструктури.....	70
9.2 Структура витрат проекту.....	71

9.3	Методи оцінювання ефективності проектів об'єктів залізничної інфраструктури.....	72
9.4	Критерії порівняння проектів.....	75
	Тема 10. Моделі сітьового планування та управління.....	79
10.1	Основні поняття сітьового планування.....	79
10.2	Характеристика елементів сітьової моделі.....	82
10.3	Оптимізація сітьового графіка.....	86
	Тема 11. Управління ризиками в проектах.....	89
11.1	Проектні ризики та їх класифікація.....	89
11.2	Принципи управління проектними ризиками.....	93
11.3	Методи аналізу ризиків проекту.....	94
11.4	Методи зниження ризиків.....	97
	Тема 12. Управління ризиками об'єктів залізничної інфраструктури	99
12.1	Методологія процесу управління ризиками. Оцінювання ризику.....	99
12.2	Обробка ризику. Моніторинг і перегляд ризику.....	105
	Список літератури.....	109

ВСТУП

Розвиток залізничного транспорту спрямований на забезпечення зростаючих потреб у перевезенні вантажів і пасажирів в умовах зростаючої економіки України при дотриманні високих стандартів якості в обслуговуванні споживачів. Це можливо на основі ефективного функціонування та модернізації залізничної інфраструктури, постійного оновлення техніки, впровадження сучасних технологій обслуговування, ремонту передавальних пристроїв, удосконалення процесів організації праці та управління на залізничному транспорті.

Термін «залізнична інфраструктура» вперше з'явився в Законі України «Про особливості утворення публічного акціонерного товариства залізничного транспорту загального користування» від 23.02.2012 р. № 4442-VI. Відповідно до зазначеного документа термін «залізнична інфраструктура» означає магістральні залізничні лінії загального користування та розміщені на них технологічні споруди, передавальні пристрої, що безпосередньо використовуються для забезпечення процесу перевезень: залізничні станції та колії загального користування, тягові підстанції, контактна мережа та інші пристрої технологічного електропостачання, системи сигналізації, централізації, блокування та управління рухом поїздів, об'єкти і майно, призначені безпосередньо для виконання аварійно-відновлювальних робіт, що є державною власністю і закріплюються за підприємством на праві господарського відання.

До окремих об'єктів інфраструктури залізничного транспорту належать: залізничні лінії загального та незагального користування; залізничні станції, роз'їзди, обгінні пункти; під'їзні залізничні колії підприємств; ремонтні підрозділи.

Комплекс робіт з проектування інфраструктури залізничного транспорту включає в себе всі дії, пов'язані з інженерним розробленням майбутнього об'єкта: обстеження існуючої інфраструктури залізничного транспорту; вибір розташування об'єкта, його прив'язка до існуючої залізниці, розроблення генеральних планів станцій, розрахунок обсягів

земляних робіт і необхідних матеріалів, планування етапів будівництва об'єкта.

Процес проектування залізниці починається з передпроектної підготовки. Під час передпроектних робіт проводяться геодезичні, геологічні дослідження. Безпосередньо на етапі проектування проводиться планування земляних робіт, верхньої будови колії або дорожнього полотна, дренажних конструкцій і коліспроводів, перетинів із залізничними, автомобільними та пішохідними шляхами. Підбираються відповідні матеріали, проводиться детальне архітектурне та інженерне розроблення проекту.

Метою розроблення конспекту лекцій є надання необхідної допомоги студентам у вивченні дисципліни «Проектування об'єктів залізничної інфраструктури» та самостійній їх роботі за тематикою дисципліни та контролі знань за окремими розділами.

ТЕМА 1. Основні відомості про залізничні вузли як об'єкти залізничної інфраструктури

1.1 Загальні поняття і класифікація залізничних вузлів як об'єктів залізничної інфраструктури

Залізничний вузол – пункт злиття або перехрещення трьох і більше магістральних залізничних ліній, який об'єднує декілька роздільних пунктів, що працюють за єдиною технологією.

До складу залізничного вузла входять такі об'єкти залізничної інфраструктури: спеціалізовані станції (пасажирські, сортувальні, вантажні); головні та з'єднувальні колії; обходи залізничних вузлів; колієпровідні розв'язки; виробничі підприємства залізничного транспорту.

Залізничні вузли, крім операцій, що проводяться на звичайних станціях з обслуговування поїздів і груп вагонів, здійснюють:

- пропускання наскрізних вантажних і пасажирських поїздів з однієї лінії на іншу;
- передачу груп вагонів, які слідують з переробкою, і місцевих вагонів між спеціалізованими станціями вузла;
- сортування вагонів за напрямками, що примикають;
- пересадку пасажирів.

Залізничний вузол є основною частиною транспортного вузла, у якому відбувається взаємодія різних видів транспорту (залізничного, автомобільного, водного, повітряного, трубопровідного, а також промислового і міського).

Структура залізничного вузла залежить:

- від кількості ліній, що сходяться в ньому;
- характеру, напрямку та потужності пасажиро- і вантажопотоків;
- його ролі в роботі мережі залізниць;
- від розмірів і конфігурації населеного пункту;
- розташування інших видів транспорту;
- характеру експлуатаційної роботи та інших особливостей.

Класифікація залізничних вузлів наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Класифікація залізничних вузлів

Ознака	Класифікація
Характер експлуатаційної роботи	транзитні з невеликими обсягами сортувальної роботи, із значними обсягами місцевої роботи, перевантажувальні, перевалочні, промислові
Географічне положення	сухопутні, розташовані на берегах судноплавних річок і морів
Кількість мешканців міст, які вони обслуговують	невеликі (до 50 тис.), середні (50...200 тис.), великі (100...250 тис.), крупні (250...500 тис.), найкрупніші (понад 500 тис.), серед яких виділяється група вузлів, що обслуговують столичні міста і міста з населенням понад 3 млн мешканців
Характер продуктивних сил у районі розташування	вузли, що обслуговують місцеву, добувну або обробну промисловість
Система управління	об'єднані та роздільні
Схема розміщення основних елементів залізничного вузла або за геометричними формами	вузли з однією станцією, хрестоподібні, трикутні, з послідовним або паралельним розташуванням основних станцій, радіальні, тупикові, кільцеві та напівкільцеві, комбіновані

Наведені класифікації взаємно пов'язані та доповнюють одна одну. Вузли можуть також розрізнятися кількістю підходів, наявністю обходів, кількістю і спеціалізацією станцій у вузлі. Зазначені ознаки доповнюють основну класифікацію [1, 6].

1.2 Характеристика поїздо- та вагонопотоків у залізничному вузлі

Транзитні поїзди без переробки та вагонопотоки, що надходять у переробку, направляються на станції вузла у відповідності зі встановленим варіантом розподілу транзитної і місцевої роботи і планом формування поїздів.

Вагони, що надходять вузол для розвантаження, залежно від того, з якими поїздами вони прибувають (у складі поїздів, вагони яких прямують на ту або іншу станцію вузла під розвантаження; у складі поїздів із вагонів різних призначень, що надходять у вузол для сортування), пропускають або безпосередньо на

відповідні вантажні станції, або на сортувальну станцію, звідки передаточними поїздами направляють на вантажні пункти.

Вагони, навантажені у вузлі, якщо вони не включаються у відправницькі маршрути, передаточними поїздами направляють з вантажних станцій на сортувальну або дільничну станцію, де за планом формування організуються наскрізні поїзди або ступінчасті маршрути.

Порожні вагони, які надходять у вузол під навантаження, передають із сортувальної станції на вантажну передаточними поїздами. Вагони, які звільняються з-під розвантаження і не використані під здвоєні операції, передають під навантаження на інші вантажні пункти або накопичуються на сортувальній станції для об'єднання в маршрути. Можливе також відправлення порожніх вагонів під навантаження на найближчі дільниці збірними, вивізними поїздами або з диспетчерськими локомотивами.

Передаточні поїзди з місцевих вагонів формують для одного пункту розвантаження або для однієї вантажної станції з підбиранням або без підбирання по пунктах розвантаження. Крім того, із місцевих вагонів можуть бути сформовані групові передаточні поїзди для ряду вантажних станцій або пунктів розвантаження, розташованих в одному районі вузла.

Основою організації місцевих вагонопотоків, що зароджуються у вузлі, є максимальне охоплення їх маршрутизацією з місць навантаження. Ту частину планового навантаження, яка не може бути охоплена прямими відправницькими маршрутами, на основі календарного планування об'єднують по можливості у ступінчасті маршрути.

Вагони, які не включаються в маршрути з місць навантаження, збирають на вантажних станціях у передачі і направляють на сортувальну станцію залежно від діючого плану формування та розподілу сортувальної роботи у вузлі.

Порожні вагони, які надходять у вузол під навантаження відправницьких маршрутів, як правило, пропускають цілими складами відразу на відповідну вантажну станцію. Вагони, які надходять окремими групами, підбирають на сортувальних станціях і направляють до вантажних пунктів у передаточних поїздах.

Порожні вагони, які відправляються за регулювальними завданнями, збирають у маршрути безпосередньо на вантажних станціях або також направляють у передаточних поїздах на відповідні сортувальні станції вузла, виділені для формування маршрутів з порожніх вагонів.

Порядок організації вагонопотоків у поїздах на станціях вузла передбачається планом формування поїздів. Планом формування встановлюється, які станції вузла і з вагонів яких призначень формують внутрішньовузлові передаточні поїзди, як організуються відправницькі і порожні маршрути, де об'єднуються ступінчасті маршрути [1].

1.3 Характеристика основних елементів залізничних вузлів і принципи їх розміщення

Характеристика основних елементів залізничного вузла наведена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Основні елементи залізничного вузла

Група	Складові групи
Пристрої для обслуговування вантажного руху	Сортувальні станції (одна або декілька); вантажні станції загального або незагального користування; спеціалізовані станції для очищення, промивання і підготовки вагонів під перевезення; головні колії для вантажного руху; з'єднувальні колії для вантажного руху між окремими станціями і пунктами вузла; вантажні локомотивні і вагоноремонтні депо
Пристрої для обслуговування пасажирського руху	Пасажирські, зонні станції, зупинні пункти; пасажирські технічні станції (або парки); головні колії (для пропускання пасажирських і приміських поїздів); пасажирські локомотивні та вагоноремонтні депо
Пристрої, що забезпечують пропускну спроможність і безпеку руху у вузлі	Колієпровідні розв'язки головних колій на підходах до вузла; внутрішньовузлові розв'язки; колійні пости і шлюзи; перехрещення в одному або різних рівнях залізничних ліній з міськими магістралями; з'єднувальні колії і обходи вузлів

Межами залізничних вузлів є пункти, де починається розгалуження і злиття головних колій різних напрямків, а також кінцеві зони інтенсивного приміського руху.

Взаємне розташування пристроїв різного призначення у вузлах повинно забезпечувати найшвидше просування через них пасажиро- і вантажопотоків. Незалежно від призначення і схеми при спорудженні і розвитку вузла необхідно дотримуватись таких основних вимог [3]:

- проектувати його елементи, зв'язані єдиним технологічним процесом, так, щоб пропускна спроможність жодного з них не перешкоджала безперебійному пропусканню рухомого складу по всіх інших елементах вузла;

- забезпечувати прямування рухомого складу (поїздів, груп вагонів, локомотивів) по найкоротших маршрутах без додаткових кутових пересувань;

- ізолювати по можливості пропускання наскрізного вантажного потоку, пасажирських дальніх і приміських поїздів, вагонопотоку з переробкою, локомотивів та ін.;

- концентрувати сортувальну роботу на одній-двох сортувальних станціях, а пасажирські операції (обслуговування дальнього пасажирського руху) – на одній станції (за виключенням особливо крупних вузлів) і максимально розосередити посадку і висадку пасажирів приміських поїздів по зупинних пунктах, розташованих поблизу житла і місця роботи;

- зосередити навантажувально-розвантажувальні операції по можливості на спеціалізованих вантажних станціях;

- максимально враховувати містобудівні вимоги і вимоги обороноздатності країни;

- забезпечити можливість максимальної механізації і автоматизації технологічних процесів для скорочення потреб у трудових ресурсах;

- концентрувати пристрої різних видів транспорту для забезпечення узгодженості їх розвитку з мінімальними витратами на будівництво та експлуатацію, спорудження суміщених мостових переходів, трас, пристроїв однакового технологічного призначення (залізничних, водних, автовокзалів; майстерень для ремонту навантажувально-розвантажувальних машин, рухомого складу; промислових і сортувальних станцій загального

призначення; вантажних станцій, які обслуговують декілька промислових підприємств);

– передбачати близьке розташування транспортних пристроїв, зв'язаних єдиним технологічним процесом: пасажирських і пасажирських технічних станцій, вантажних станцій і промислових підприємств, пасажирських зупинних пунктів залізничного і міського транспорту.

Схеми побудови та розвитку залізничних вузлів розробляють, як правило, у проекті єдиної генеральної схеми транспортного вузла з дотриманням економічних, технічних, архітектурно-планувальних і санітарно-гігієнічних вимог, що висуваються до будівництва та експлуатації споруд у містах і населених пунктах. При цьому треба дотримуватися таких вимог [3]:

– нові сортувальні і великі технічні станції розташовують за межами селітебної частини міста; у межах міської території їх розвиток можливий тільки при достатньому техніко-економічному обґрунтуванні;

– пристрої, не пов'язані з обслуговуванням населення міста, розташовують за межами селітебної частини міста (колієпроводи, промислові станції, ремонтні заводи, матеріальні склади та ін.);

– колієпровідні розв'язки залізничних ліній розташовують за межами міста; якщо це необхідно зробити в межах міста, то максимально враховують його інтереси.

У схемах залізничних вузлів і проектах розвитку їхніх елементів враховують екологічні фактори (рівень шуму, забруднення повітряного середовища поблизу населених пунктів та ін.). Недопустимо займати під нові транспортні споруди цінні сільськогосподарські землі та ін. Виконання перерахованих вимог треба поєднувати з максимальним використанням існуючих споруд і пристроїв, раціональною етапністю будівельних робіт. Розробляють декілька конкурентоспроможних варіантів схем залізничних вузлів і розвитку їхніх окремих елементів, серед яких на підставі техніко-економічного обґрунтування обирають оптимальне рішення.

ТЕМА 2. Схеми первинних залізничних вузлів і їх подальший розвиток

2.1 Аналіз схем залізничних вузлів з однією станцією

Вузли з однією станцією утворюються в місцях перехрещення двох магістралей або примикання однієї магістральної лінії до іншої в районах міст невеликих і середніх розмірів (рисунок 2.1).

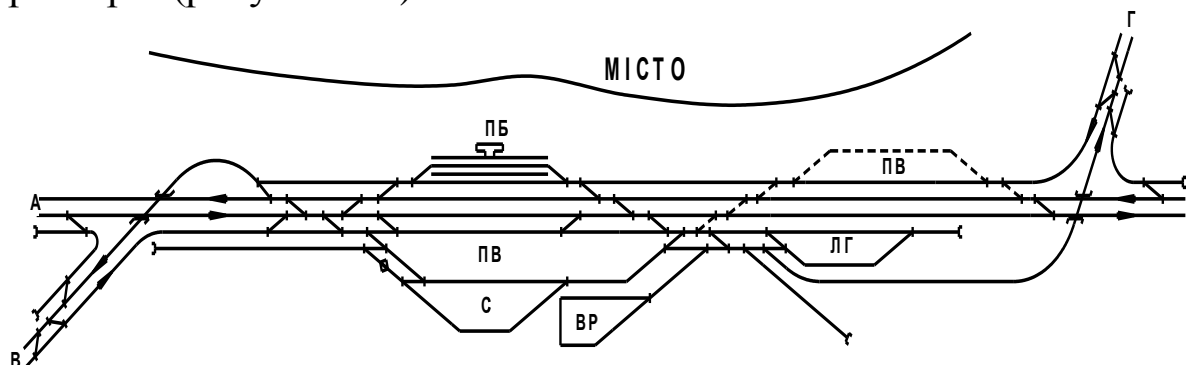


Рисунок 2.1 – Схема залізничного вузла з однією станцією

Якщо через вузол в основному пропускаються транзитні потоки, то станція за своїм призначенням є дільничною. Якщо поїздопотоки переважно переробляються у вузлі, то станція за своїм призначенням може бути сортувальною. У будь-якому випадку вона має розвинуті пасажирські та вантажні пристрої, які розташовують з нею на одній площадці. Такі вузли є найбільш поширеними на мережі залізниць, економічними в будівництві та експлуатації. Характеристика таких вузлів наведена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз залізничних вузлів з однією станцією

Переваги	Недоліки
<ul style="list-style-type: none">- невелика станційна площадка;- компактність розташування пристроїв для обслуговування вантажного і пасажирського руху;- менші приведені витрати на утримання маневрових засобів;- мінімальні експлуатаційні витрати на утримання обслуговуючого персоналу	<ul style="list-style-type: none">- значна концентрація роботи на одній станції;- складність обслуговування кутових вагоно- та поїздопотоків;- незначна пропускна спроможність вузла;- збільшення простою рухомого складу;- ускладнення розвитку вузла

Окремі залізничні вузли мають острівне розташування вокзалу. Це ускладнює зв'язок окремих парків станції, під'їзд автотранспорту до вокзалу; збільшує кількість ворожих маршрутів і зменшує пропускну спроможність вузла.

При реконструкції залізничних вузлів з однією станцією споруджуються додаткові головні з'єднувальні колії, колієпровідні розв'язки; приймально-відправні парки спеціалізують за напрямками руху, а сортувальна робота зосереджується в загальному сортувально-відправному парку.

При значній кореспонденції поїздопотоків між лініями на підході до залізничного вузла можуть укладатися спеціальні з'єднувальні колії для переходу з однієї лінії на іншу без заходу до вузла. Їх корисна довжина повинна бути не менше максимальної довжини вантажних поїздів на перспективу [6].

2.2 Аналіз схем залізничних вузлів хрестоподібного типу

Вузли хрестоподібного типу утворюються в місцях перехрещення двох залізничних ліній, що мають значні наскрізні транзитні потоки та незначну кореспонденцією вагонопотоків між лініями, під кутом близьким до 90° (рисунок 2.2).

На кожній лінії споруджують окремі дільничні станції, в окремих випадках на одній лінії – сортувальну, на іншій – дільничну станції. У місцях перехрещення ліній проектують колієпровідну розв'язку.

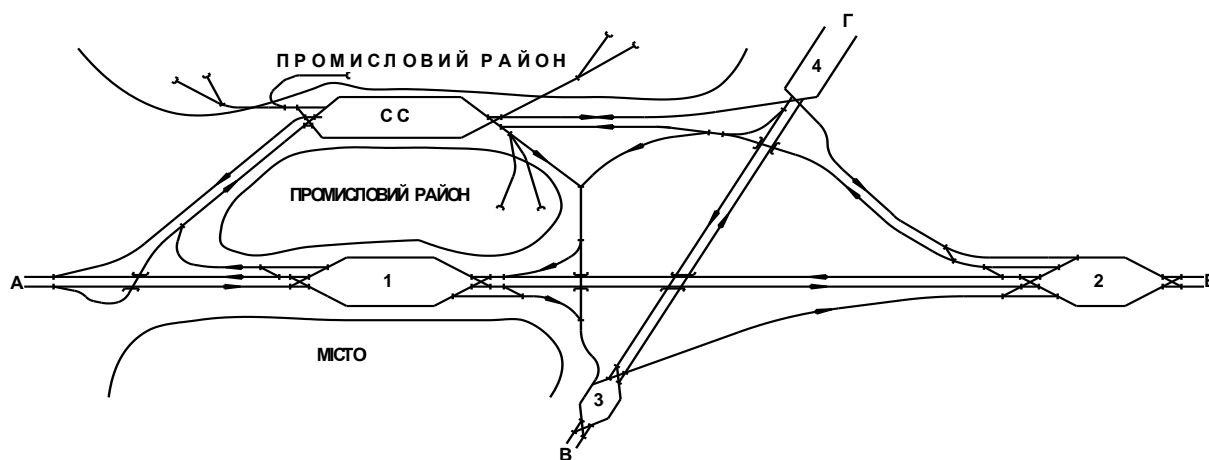


Рисунок 2.2 – Схема залізничного вузла хрестоподібного типу

Пасажирські поїзди, що прямують з одної лінії на іншу, можуть мати зупинки на основній і допоміжній станціях. Транзитні вантажні поїзди прямують по своїх лініях. Сортивальна робота з переробки вузлових потоків, розформування-формування дільничних і збірних поїздів зосереджується на основній станції переважного напрямку. Пристрої для вантажних операцій і примикання під'їзних колій можуть розташовуватися на одній або декількох станціях вузла. Характеристика таких вузлів наведена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Аналіз залізничних вузлів хрестоподібного типу

Переваги	Недоліки
<ul style="list-style-type: none"> - мінімальні пробіги транзитних поїздів на обох лініях у межах вузла; - незалежність руху основних поїздопотоків на лініях, що перехрещуються; - можливість спорудження вантажних станцій за межами селітебної території 	<ul style="list-style-type: none"> - технологічна розрізненість станцій різних ліній; - необхідність спорудження додаткових з'єднувальних головних колій для кутових поїздопотоків; - збільшення кількості роздільних пунктів при зростанні обсягів роботи у вузлі; - значні пробіги кутових вагонопотоків; - відсутність загального пасажирського комплексу; - збільшення витрат на спорудження дублюючих пристроїв і їх утримання; - наявність повторної переробки вагонів; - збільшення простою рухомого складу у вузлі

Нові залізничні лінії можуть примикати до вхідних роздільних пунктів залізничного вузла хрестоподібного типу. За необхідності споруджують дублюючі головні колії в межах залізничного вузла, а також обходи на інші лінії.

При розвитку вузла та зростанні обсягів сортувальної роботи на основній лінії споруджується сортувальна станція. Вона повинна мати зручний зв'язок із вантажними станціями та промисловими районами, забезпечувати мінімальні пробіги у вузлі [6].

2.3 Аналіз схем залізничних вузлів трикутного типу

Вузли трикутного типу утворюються в пунктах злиття або перехрещення трьох і більше підходів залізничних ліній, які мають значну взаємну кореспонденцію вантажо- та пасажиропотоків. Призначення окремих станцій вузла залежить від розташування міста і промислового району.

У більшості випадків сортувальна робота концентрується на одній із станцій основної лінії в переважному напрямку; пасажирська робота – на станції, розташованій біля центральної частини міста; вантажна робота – на станції, розташованій біля промислового району (рисунок 2.3). На існуючих вузлах пасажирська і вантажна робота виконується в різних обсягах на всіх станціях. Характеристика таких вузлів наведена в таблиці 2.3.

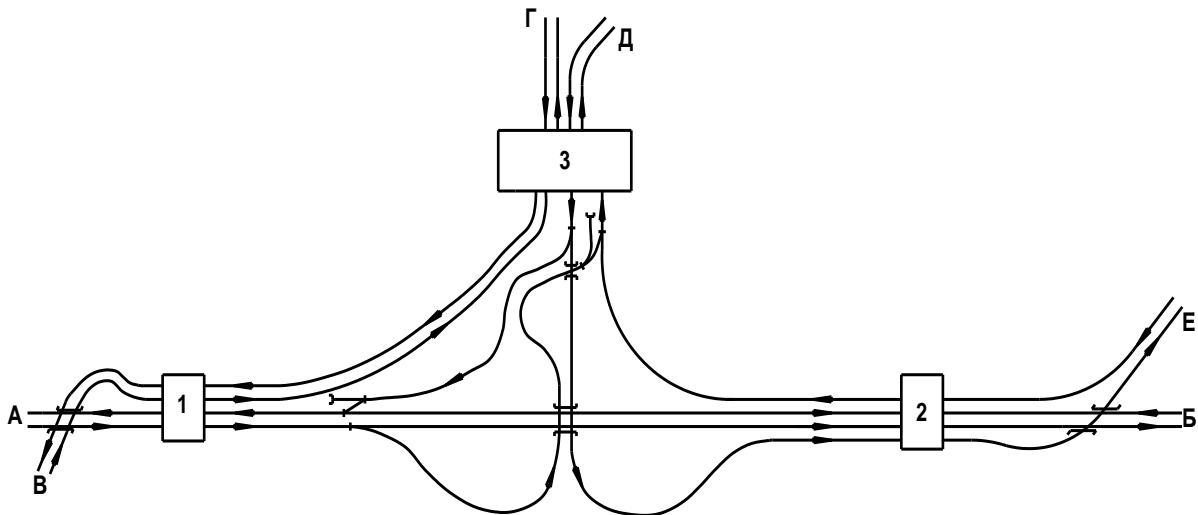


Рисунок 2.3 – Схема залізничного вузла трикутного типу

Таблиця 2.3 – Аналіз залізничних вузлів трикутного типу

Переваги	Недоліки
<ul style="list-style-type: none"> - можливість перерозподілу переміщень у вузлі; - взаємозамінність станцій; - забезпечення зміни напрямку руху транзитних поїздопотоків 	<ul style="list-style-type: none"> - перепробіг вагонопотоку з переробкою в межах вузла; - необхідність спорудження повного комплексу пристроїв на станціях злиття окремих ліній; - збільшення експлуатаційного штату; - додаткові витрати на спорудження та утримання дублюючих пристроїв

Залежно від місця розташування окремих станцій залізничні вузли трикутного типу поділяються на дві групи: зі станціями на вході до вузла (на вершинах трикутника) – основна група (рисунок 2.3), і зі станціями всередині вузла (на сторонах трикутника) – допоміжна група (рисунок 2.4).

До першої групи належать вузли, які працюють на три напрямки. Залізничні лінії примикають до окружної залізниці (навколо крупного міста) і не вводяться до середини міста.

Вузли другої групи мають назву трикутно-кільцеві. У таких вузлах між основними станціями проектується кільцеве з'єднання, де поїзди рухаються проти руху годинникової стрілки (рисунок 2.4).

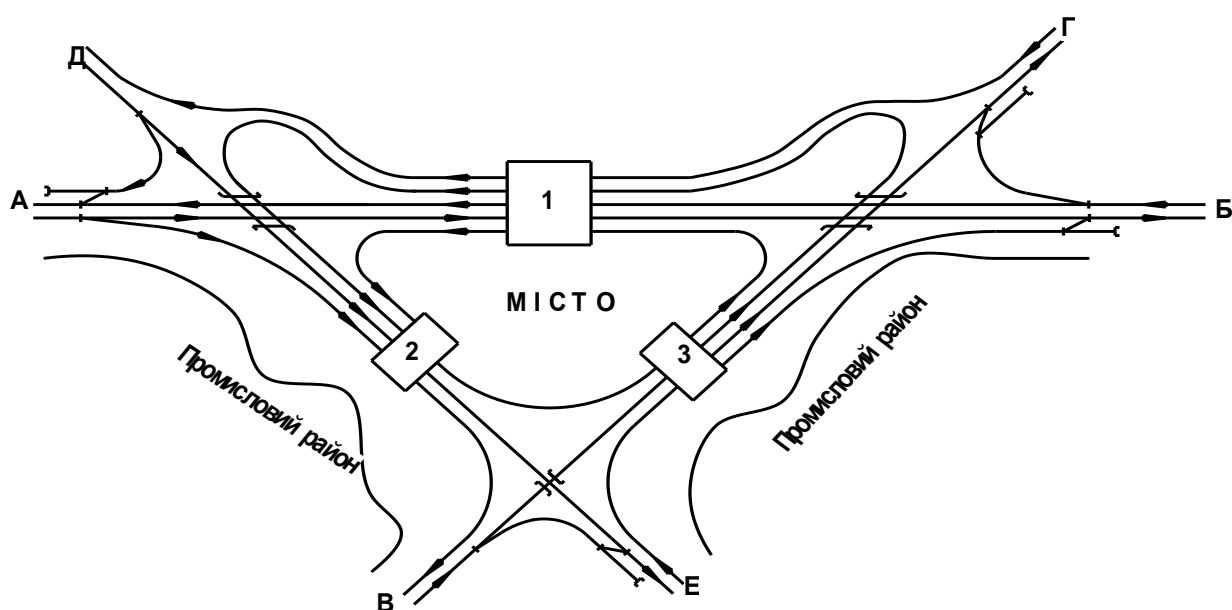


Рисунок 2.4 – Схема залізничного вузла трикутного типу з розташуванням основних станцій на сторонах трикутника

2.4 Передумови розвитку залізничних вузлів як об'єктів залізничної інфраструктури

Подальший розвиток і реконструкції залізничних вузлів пов'язані переважно зі зміною розмірів і структури роботи на магістралях, що підходять до них, і в них самих. Збільшення обсягів руху на підходах потребує спорудження головних колій, підвищення маси поїздів, зміни роду тяги та ін. Недостатні пропускна та переробна спроможності окремих пристроїв

призводять до затримки поїздів на підходах і в парках окремих станцій.

Причинами реконструкції вузлів є спорудження нових промислових підприємств, які потребують транспортного обслуговування, розвиток міст.

Загальною проблемою існуючих вузлів є розміщення основних елементів вузла в межах селітебної території та недостатня довжина площадок. Вирішення цієї проблеми можливе за рахунок спорудження пристроїв на нових територіях, які технологічно зв'язані з існуючими.

Для невеликих транзитних вузлів подальший розвиток полягає у спорудженні розв'язок підходів, подовженні та збільшенні кількості приймально-відправних і сортувальних колій. Для вузлів із значною місцевою роботою, зосередженою на об'єднаній станції, споруджують нові вантажні станції.

Якщо залізничний вузол займає невелику територію, то споруджують обходи, виносячи на них вантажний транзитний рух, або паралельні спеціалізовані ходи. При цьому вирішують питання про створення у вузлі допоміжної сортувальної станції.

Розвиток вузлів, які обслуговують крупні міста, пов'язаний із розвитком міст. Транзитний вантажний рух слід виносити за межі міста. Нові сортувальні станції необхідно споруджувати за межами міста. Вантажні станції, вантажні райони та пасажирські технічні станції слід розташовувати на околиці міста.

Особливу увагу у крупних вузлах приділяють покращенню обслуговування приміських пасажирів, виділяючи для приміського руху на головних дільницях спеціальні головні колії з зупинними пунктами, зонними приміськими станціями та ін. Нові пасажирські станції, окремі лінії для пасажирського руху, зупинні пункти на них і пункти пересадки пасажирів повинні бути ув'язані з розвитком ліній метрополітену[1, 3].

ТЕМА 3. Схеми крупних залізничних вузлів і їх подальший розвиток

3.1 Аналіз схем залізничних вузлів з паралельним розташуванням станцій

Вузли з паралельним розташуванням станцій утворювалися за рахунок розвитку вузлів з однією станцією при збільшенні обсягів вагонопотоку з переробкою (рисунок 3.1) і наявності широкої площадки.

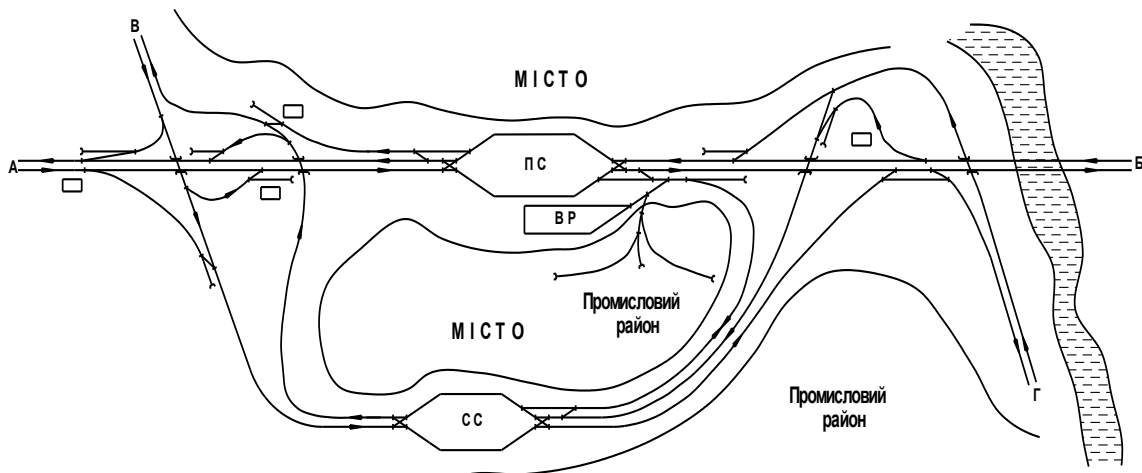


Рисунок 3.1 – Схема залізничного вузла з паралельним розташуванням станцій

Пасажирська станція повинна бути розташована ближче до населеної частини міста, вантажна станція – між пасажирською і сортувальною. Можливі варіанти розташування її на одному з підходів ближче до промислової зони. Характеристика таких вузлів наведена в таблиці 3.1.

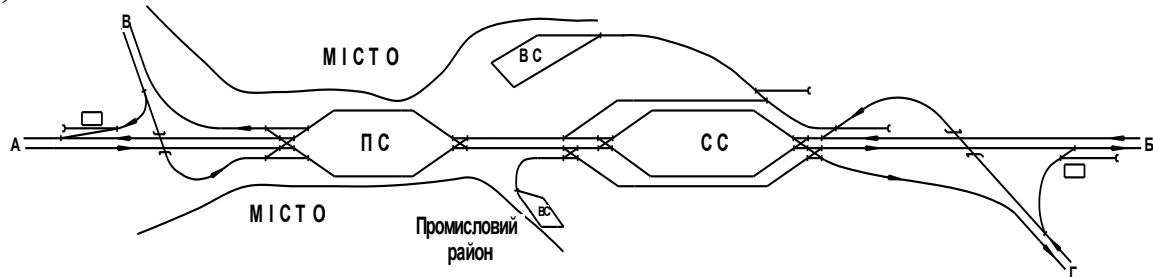
Таблиця 3.1 – Аналіз залізничних вузлів з паралельним розташуванням станцій

Переваги	Недоліки
<ul style="list-style-type: none">- коротка площадка і менші будівельні витрати;- максимальна зручність в обслуговуванні пасажирського руху;- можливість незалежного розвитку станцій вузла	<ul style="list-style-type: none">- складність спорудження сортувальної станції за класичною схемою;- складність спорудження колієпровідних розв'язок і збільшення їх вартості;- необхідність широкої площадки;- ускладнення транспортних зв'язків між окремими частинами міста

3.2 Аналіз схем залізничних вузлів з послідовним розташуванням станцій

Вузли з послідовним розташуванням станцій (рисунок 3.2) виникають у містах, витягнутих на велику відстань як один масив або як ряд населених пунктів, а також при розташуванні нових сортувальних станцій за містом в обмежених умовах (у вузьких гірських проходах, долинах річок). Характеристика таких вузлів наведена в таблиці 3.2.

а)



б)

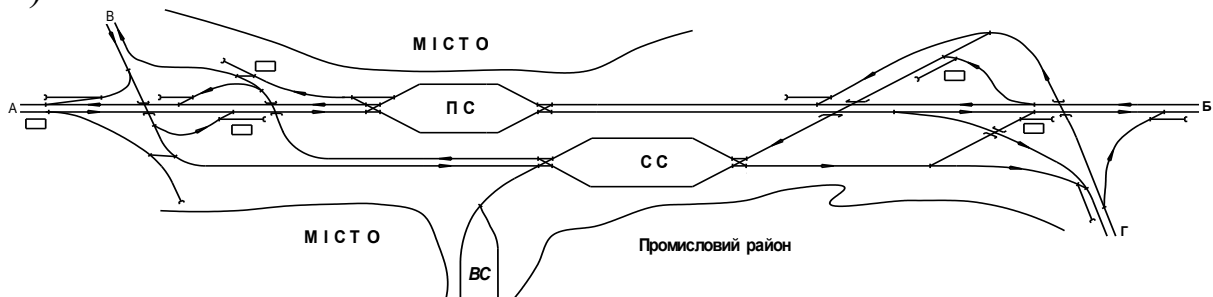


Рисунок 3.2 – Схема залізничного вузла з послідовним розташуванням станцій

Таблиця 3.2 – Аналіз залізничних вузлів з послідовним розташуванням станцій

Переваги	Недоліки
<ul style="list-style-type: none"> - значна пропускна спроможність; - незначний колійний розвиток станцій; - зручність в обслуговуванні промислових підприємств; - покращення екологічних умов; - поточність виконання основних технологічних операцій; - мінімальна повторна переробка транзитного вагонопотоку 	<ul style="list-style-type: none"> - значна довжина площадки; - перепробіги поїздів і рухомого складу у вузлі; - можливість затримок поїздів і маневрових переміщень на внутрішньовузлових ходах; - значні перепробіги кутових вагонопотоків з переробкою при одній сортувальній станції у вузлі

Вантажна станція загального користування розташовується між сортувальною станцією та містом або на околиці міста. Вона повинна мати зручний зв'язок із сортувальною станцією.

В окремих випадках у таких вузлах виникає необхідність у спорудженні другої сортувальної або пасажирської станції. Наявність двох сортувальних станцій, розташованих на протилежних кінцях вузла, дозволяє сортувати місцевий вагонопотік як при вході, так і виході з вузла. Це сприяє прискоренню обороту вагонів, зменшує їх пробіг. Наявність другої пасажирської станції зменшує пробіг поїздів і покращує умови обслуговування пасажирів [6].

3.3 Аналіз схем залізничних вузлів радіального типу

Вузли радіального типу (рисунок 3.3) утворюються в місцях злиття або перехрещення залізничних ліній, які радіально підходять до об'єднаної станції зі значним обсягом місцевої та сортувальної роботи. У багатьох випадках один із радіальних підходів розташовується уздовж водосховища або судноплавної річки.

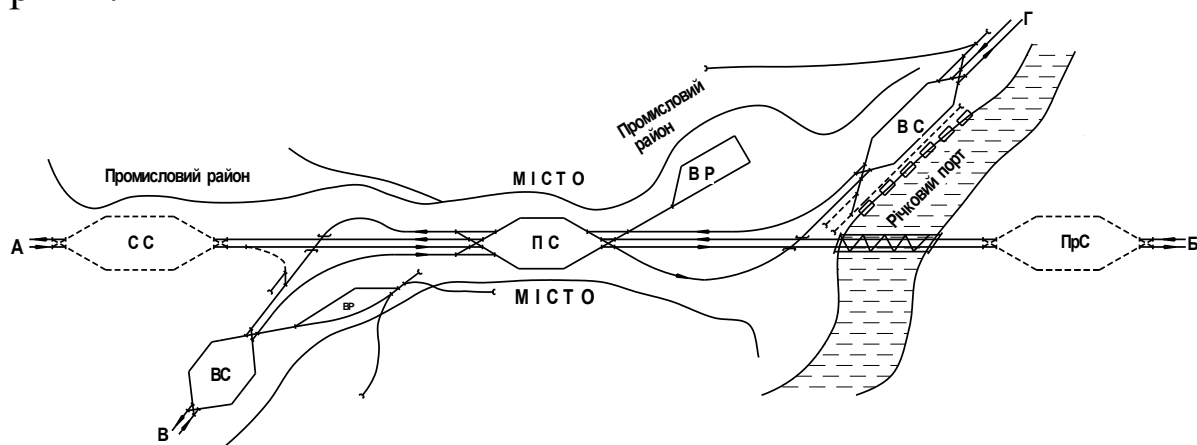


Рисунок 3.3 – Схема залізничного вузла радіального типу

Розвиваються такі вузли з вузлів з однією станцією при збільшенні обсягів роботи. Пасажирська та сортувальна робота виконується на об'єднаній центральній технічній станції. Вона значно завантажена, тому частина пасажирської роботи переноситься на інші станції вузла.

Характеристика таких вузлів наведена в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Аналіз залізничних вузлів радіального типу

Переваги	Недоліки
- розосередженість станцій уздовж селітебної території та промислової частини; - значна пропускна спроможність; - можливість незалежного розвитку станцій радіальних ліній	- значний перепробіг місцевих вагонів; - складність розвитку центральної станції вузла та пропускання кутового поїздопотоків; - пропускання транзитного потоку через центральну станцію для технічного обслуговування

При значному збільшенні обсягів сортувальної роботи може бути обґрунтоване спорудження сортувальної станції з переважного напрямку або на обході вузла. У такому випадку центральна станція реконструюється в пасажирський комплекс для обслуговування всіх видів пасажирського руху. Місцева робота зосереджується на станціях радіальних ліній [6].

При збільшенні кількості підходів такі вузли можуть перебудовуватися у вузли кільцевого або напівкільцевого типу.

3.4 Аналіз схем залізничних вузлів тупикового типу

Вузли тупикового типу утворюються в місцях, де за економічними або географічними умовами відбувається погашення або зародження вантажо- та пасажиропотоків (рисунок 3.4). Особливістю таких вузлів є відсутність транзитних потоків.

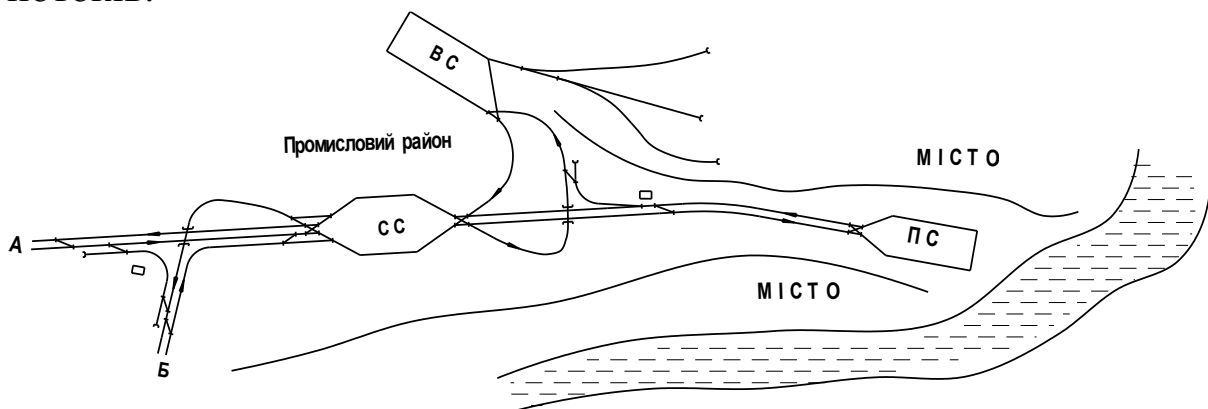


Рисунок 3.4 – Схема залізничного вузла тупикового типу

Сортувальна станція переробляє вагонопотоки, що надходять з вантажних і промислових станцій. Пасажирська станція, як правило, розташовується поблизу центральної частини міста, має зручний зв'язок з міським транспортом. Такі вузли здійснюють масове перевантаження вантажів на водний та автомобільний транспорт. Характеристика таких вузлів наведена в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Аналіз залізничних вузлів тупикового типу

Переваги	Недоліки
- максимальне розосередження станцій; - мінімальні пробіги автотранспорту; - скорочення мережі автошляхів, поліпшення екологічних умов	- перепробіг рухомого складу в межах вузла та простій місцевих вагонів; - значна кількість ворожих маршрутів; - незначна пропускна спроможність; - складність обслуговування кутового вагонопотоку

3.5 Аналіз схем залізничних вузлів кільцевого типу

Кільцеві вузли утворюються поступово в результаті будівництва нових залізничних ліній, що примикають до міста і пов'язані між собою кільцевою дорогою, що проходить в обхід міста. Для них характерний великий обсяг взаємної кореспонденції вантажо- та пасажиропотоків. До їх складу входить декілька спеціалізованих сортувальних, вантажних і пасажирських станцій (рисунок 3.5). Для прискорення пропускання пасажирських, приміських і вантажних поїздів вузли особливо крупних міст мають наземні або підземні діаметри і тупикові радіуси.

Якщо тупикові радіуси не проектуються, то при відносно незначному обсязі переробки сортувальні станції можуть розташовуватися на кільці. Для скорочення пробігів вагонів має обґрунтуватися варіант спорудження другої сортувальної станції на кільці напроти першої [3].

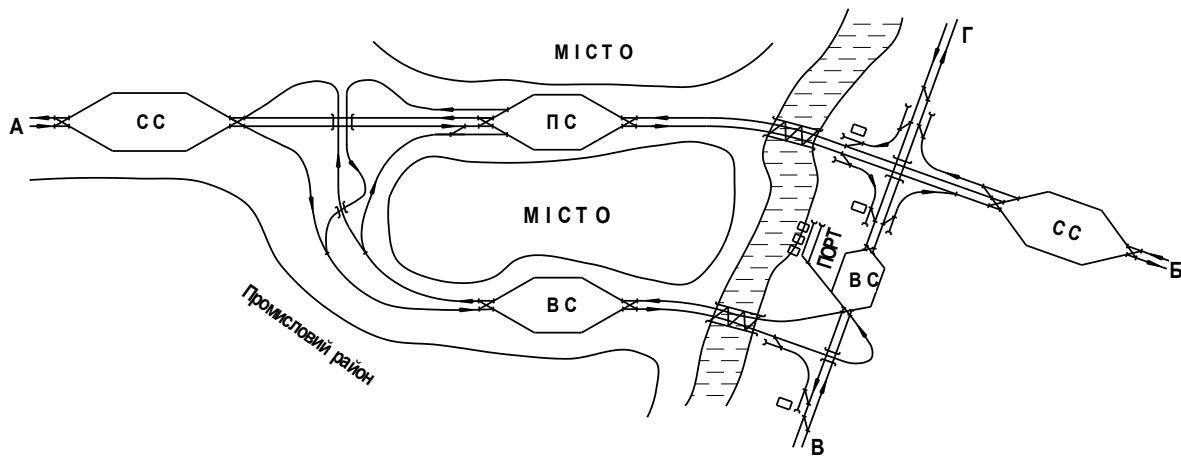


Рисунок 3.5 – Схема залізничного вузла кільцевого типу

При значних обсягах переробки сортувальні станції проектуються на вході до вузла з протилежних напрямків. За необхідності може бути три та більше сортувальних станцій, які мають обслуговувати 2-3 примикальні підходи. Характеристика таких вузлів наведена в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Аналіз залізничних вузлів кільцевого типу

Переваги	Недоліки
<ul style="list-style-type: none"> - максимальна поточність пропускання транзитних поїздів у будь-якому напрямку; - зручність обслуговування кутових поїздів без зміни напрямку; - значна пропускна спроможність і маневреність переміщень у вузлі 	<ul style="list-style-type: none"> - значний перепробіг рухомого складу; - збільшення простою вагонів при передачі з однієї лінії на іншу; - значний обсяг повторної переробки вагонів; - збільшення кількості передаточних поїздів у вузлі; - ускладнення розвитку міста

3.6 Аналіз схем залізничних вузлів напівкільцевого типу

Вузли напівкільцевого типу утворюються за наявності з одного боку міста, яке обслуговує вузол, природної перешкоди, що заважає розвитку вузла кільцевого типу (моря, озера, крупної річки). У вузлах цього типу (рисунок 3.6) є тупикові введення до міста, що закінчуються пасажирськими та вантажними станціями, а за межами міста – напівкільце, яке зв'язує підходи ліній з вантажного руху.

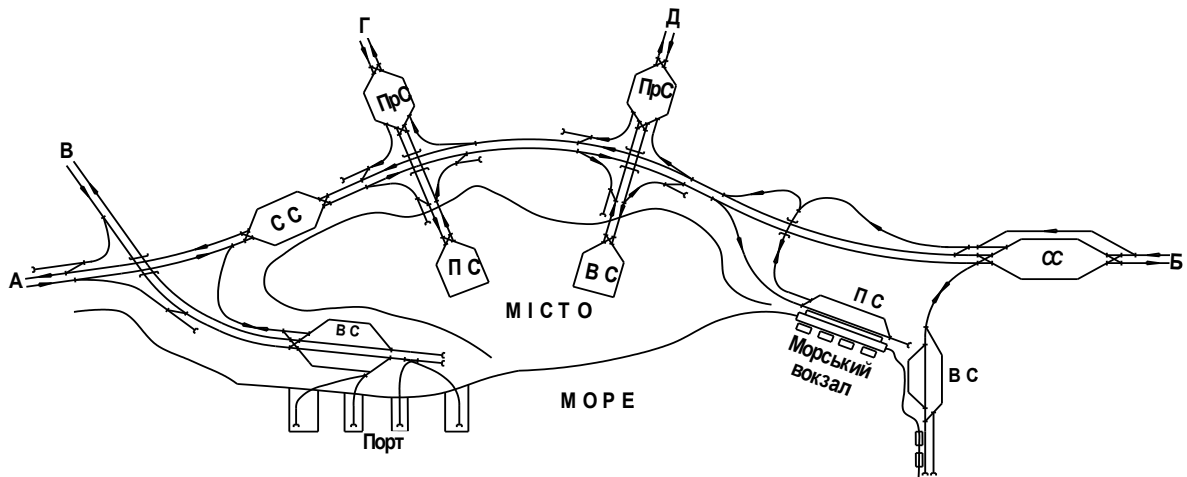


Рисунок 3.6 – Схема залізничного вузла напівкільцевого типу

Сортувальні станції розміщують в основному на підходах до напівкільця. У таких вузлах споруджується декілька сортувальних станцій, кожна з яких обслуговує декілька напрямків. Вантажні станції і станції, які обслуговують промислові райони і порти, частіше за все розташовують на півкільці. Характеристика таких вузлів наведена в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Аналіз залізничних вузлів напівкільцевого типу

Переваги	Недоліки
- максимальне розосередження основних станцій;	- складність обслуговування кутових пасажиропотоків;
- зручність в обслуговуванні транзитних поїздів;	- перепробіг вагонопотоку з переробкою та місцевих вагонів;
- значна пропускна спроможність вузла;	- значна кількість перехрещень маршрутів з іншими видами транспорту;
- зручність обслуговування пасажирів	- значні простой місцевих і кутових вагонів

3.7 Аналіз схем залізничних вузлів комбінованого типу

Вузли комбінованого типу утворюються в результаті розвитку вузлів інших типів при збільшенні обсягів роботи і примиканні нових залізничних ліній (рисунок 3.7). Вони обслуговують значні обсяги місцевих вагонопотоків і в багатьох випадках – водні порти.

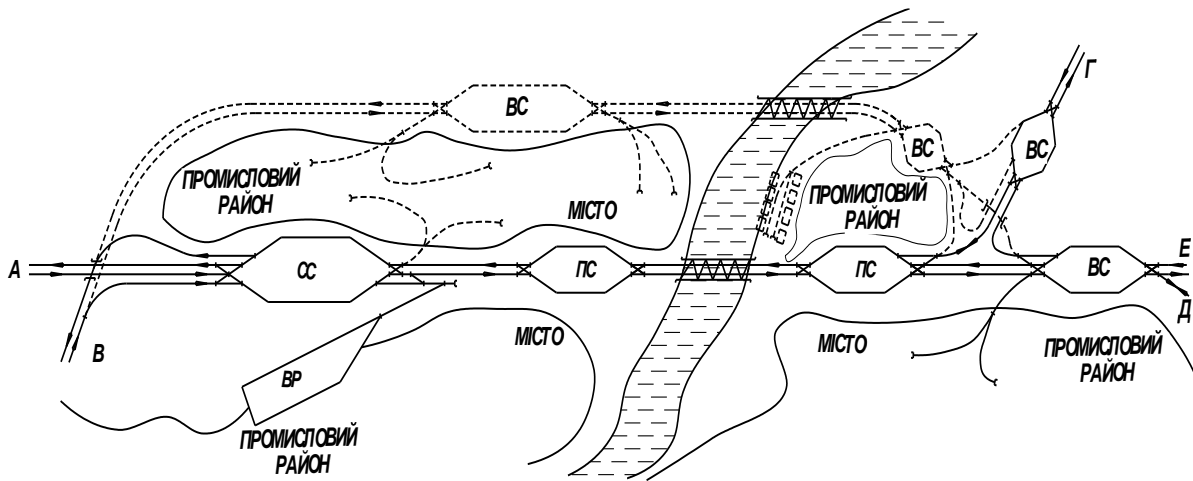


Рисунок 3.7 – Схема залізничного вузла комбінованого типу

У більшості випадків станції вузлів такого типу розташовуються або на різних берегах судноплавних річок, або на паралельних ходах із з'єднувальними лініями. Якщо місто і промисловий район розташовані на різних берегах, то сортувальну станцію слід дублювати. Пасажирська станція біля основної частини міста є головною, а на іншому березі – об'єднаною з виконанням вантажної роботи. При проектуванні другого мостового переходу вантажні станції розташовуються на паралельному ході, а до його спорудження – на відгалуженнях від сортувальних станцій [6]. Характеристика таких вузлів наведена в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Аналіз залізничних вузлів комбінованого типу

Переваги	Недоліки
<ul style="list-style-type: none"> - збільшення пропускної спроможності та маневреності переміщень у вузлі; - скорочення простою транзитного вагонопотоку; - збільшення стратегічного значення вузла 	<ul style="list-style-type: none"> - збільшення пробігів рухомого складу; - повторна переробка місцевих вагонопотоків; - погіршення умов розвитку міста; - збільшення кількості перехрещень маршрутів з іншими видами транспорту; - ускладнення розвитку пасажирської станції; - збільшення витрат через дублювання пасажирських пристроїв і додаткового експлуатаційного штату; - погіршення зв'язків різних частин міста

ТЕМА 4. Розв'язки підходів, з'єднувальні колії та обходи залізничних вузлів

4.1 Призначення та види розв'язок

Необхідність спорудження розв'язок викликана наявністю перехрещень залізничних ліній на перегоні, на підході до вузлових станцій і вузлів, при розгалуженні головних колій перед станціями та вузлами відповідно до спеціалізації станцій або парків вузлових станцій, а також всередині вузлів і станцій у точках перехрещення маршрутів [3].

Розв'язка – це комплекс колійних пристроїв і споруд, призначених для пропускання рухомого складу по маршрутах, які взаємно перехрещуються.

Розв'язки проектуються в одному або різних рівнях. До розв'язок в одному рівні належать паралельні з'їзди або стрілочні вулиці в горловинах станцій; колійні пости без приймально-відправних колій; пости-шлюзи з приймально-відправними коліями.

Основні вимоги до розв'язок в одному рівні:

- забезпечення безумовної безпеки руху поїздів;
- забезпечення потрібної пропускнуєї спроможності ліній або головних колій у період згущеного руху поїздів.

Колієпровідні розв'язки в різних рівнях класифікуються за призначенням і взаємним розташуванням головних колій основної та примикальної лінії.

4.2 Розв'язки підходів в одному рівні

Розв'язки підходів у вигляді паралельних з'їздів і стрілочних вулиць проектують за необхідності секціонування колій приймально-відправних парків.

Колійні пости забезпечують регулювання руху поїздів і поділяються на передвузлові; пости примикання, розгалуження, злиття і перехрещення.

Передвузлові пости призначені для розподілу пасажирського і вантажного руху; регулювання руху поїздів, що надходять з різних напрямків до вузла, а також розподілу

поїздопотоків за напрямками руху при виході з вузла (рисунок 4.1). У поздовжньому профілі вони можуть розташовуватися на ухилах аж до визначального [3, 6].

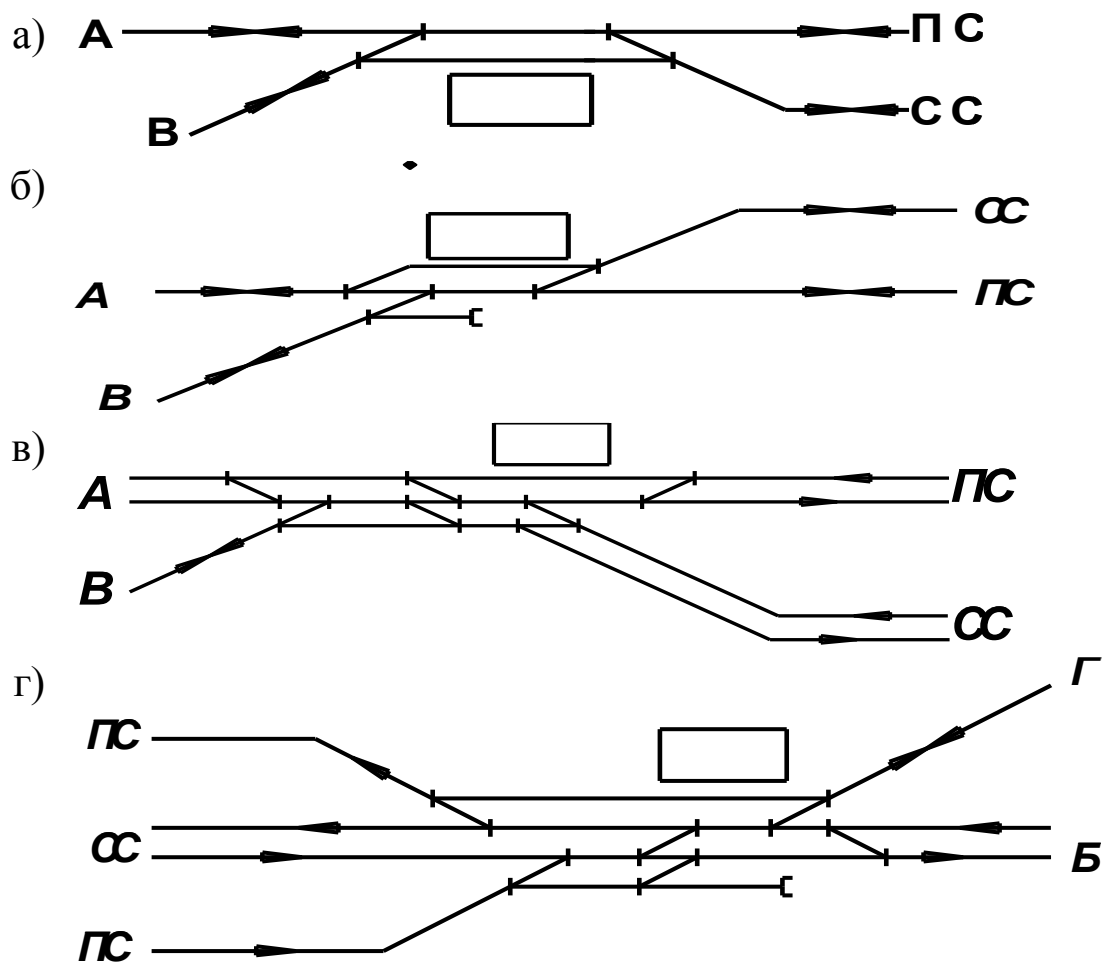


Рисунок 4.1 – Схеми передвузлових постів

Пости примикання, розгалуження та злиття проектуються в межах вузлів за наявності дублюючих і з'єднувальних головних колій. Пости примикання, злиття, перехрещення завжди вимагають спорудження запобіжних тупиків. В окремих випадках на них передбачається зупинка поїздів. Пости перехрещення проектуються при відносно невеликих обсягах руху поїздів (рисунок 4.2).

Передвузлові пости застосовуються при перехрещенні одноколійної лінії з двоколійною при обсягах руху не більше 15 пар на одноколійній і до 60 поїздів – на двоколійній лінії.

При більших обсягах слід розглядати варіанти спорудження повного шлюзу або колієпровідної розв'язки в різних рівнях, приведені витрати на спорудження яких приблизно однакові.

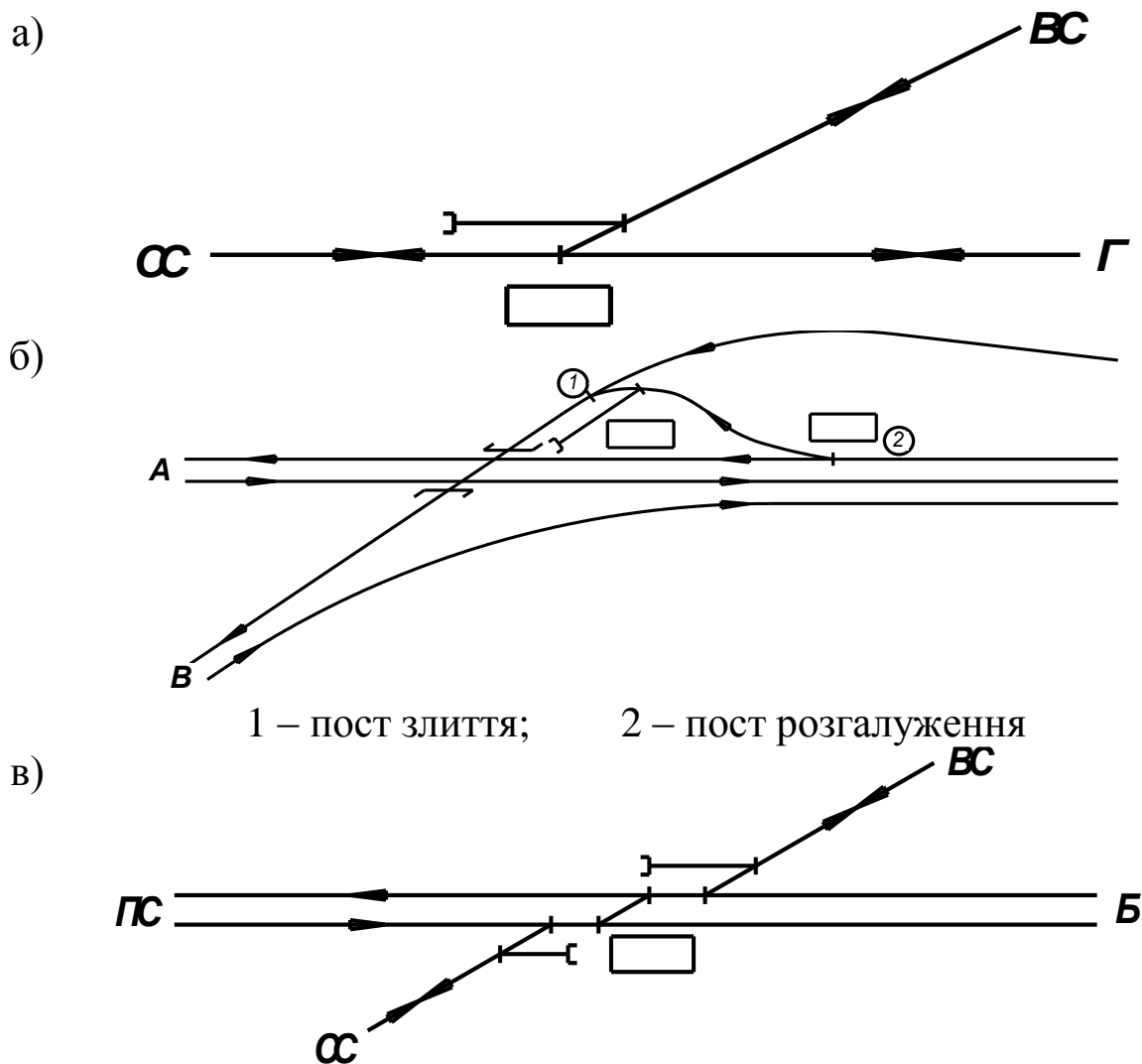


Рисунок 4.2 – Схеми колійних постів

При перехрещенні двох двоколієвих ліній в усіх випадках слід проектувати розв'язку в різних рівнях [3].

Пости-шлюзи призначені для розділення точок перехрещення маршрутів у часі. Застосування постів-шлюзів дозволяє здійснювати приймання та відправлення поїздів з лінії чи на лінію з зупинкою або без неї. Класифікація постів-шлюзів залежно від наявності та розташування шлюзової приймально-відправної колії наведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Класифікація постів-шлюзів

Назва	Характеристика
Найпростіші	Не мають самостійної шлюзової приймально-відправної колії. Шлюз утворюється за рахунок головних колій, що з'єднуються стрілочними переводами або з'їздами. Проектуються при перехрещенні одноколійних ліній
Неповні	Мають шлюзову колію без дублювання головних колій
Повні односторонні	Мають шлюзову колію та дублюючу ділянку головної колії в переважному напрямку
Повні двосторонні	Мають шлюзову колію та дублюючу ділянку головної колії, що діє в обох напрямках

На рисунках 4.3-4.6 наведено схеми постів шлюзів.

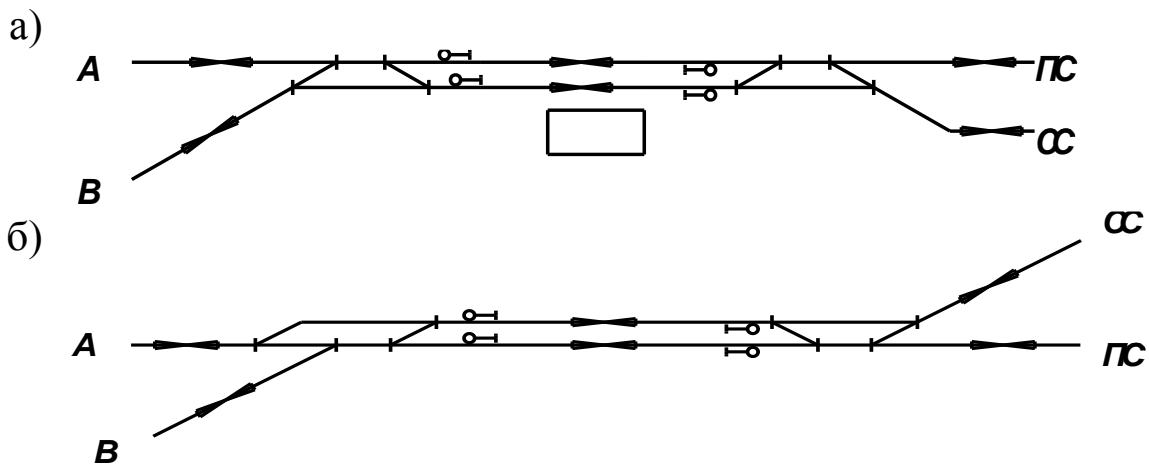


Рисунок 4.3 – Схеми найпростіших постів-шлюзів

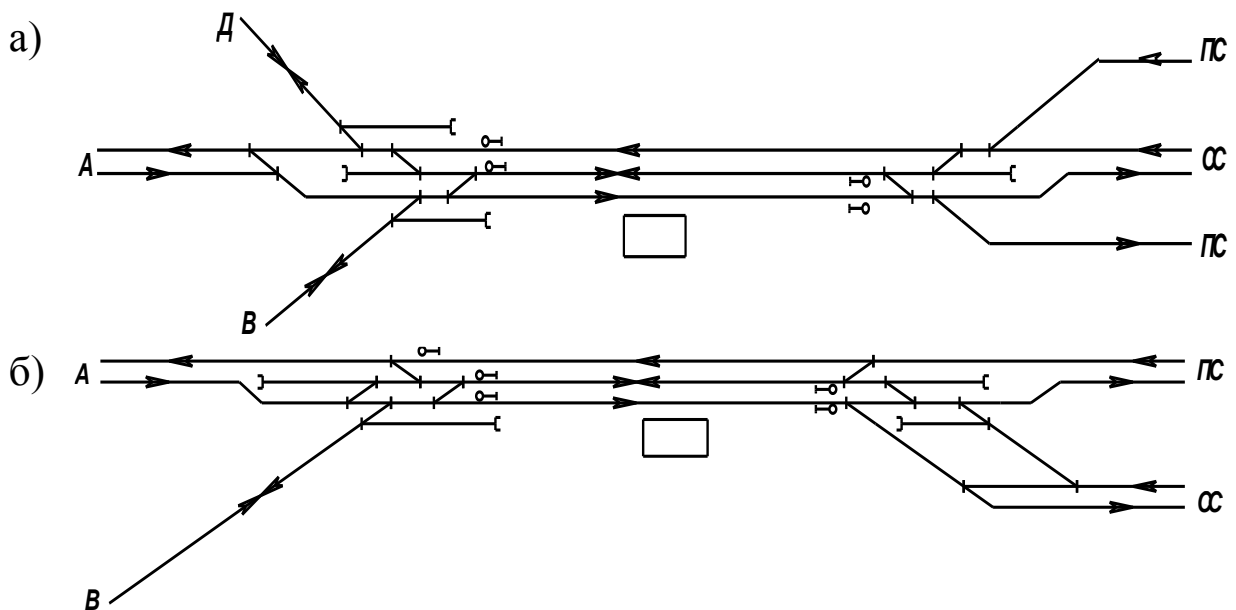


Рисунок 4.4 – Схеми неповних постів-шлюзів

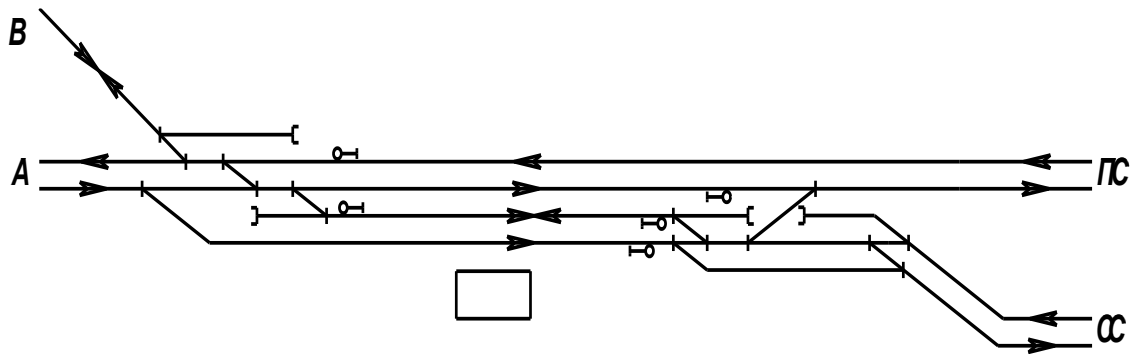


Рисунок 4.5 – Схема повного одностороннього поста-шлюзу

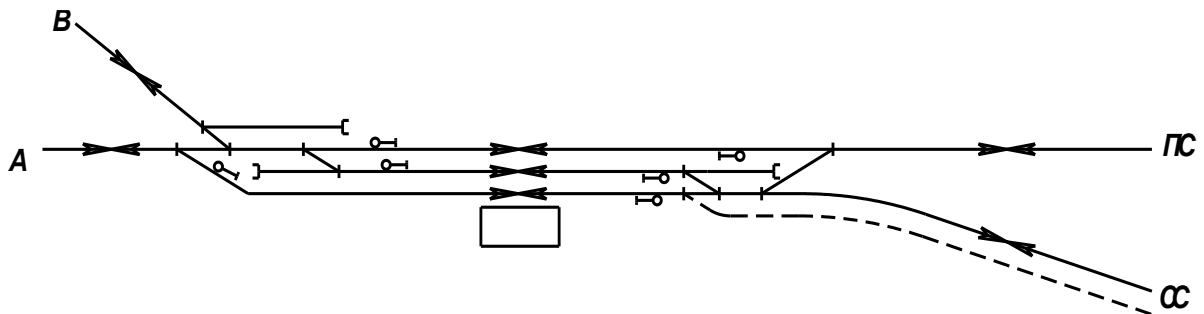


Рисунок 4.6 – Схема повного двостороннього поста-шлюзу

Колії постів-шлюзів у поздовжньому профілі проектується на ухилах до 2,5 ‰, а при обґрунтуванні при забезпеченні умов зрушування з місця поїзда, що зупинився, – аж до визначального.

Крім розглянутих, проектується розв'язки в місцях зміни кількості головних колій як в одному, так і різних рівнях [3].

4.3 Розв'язки підходів у різних рівнях

Колієпровідні розв'язки в різних рівнях залежно від призначення проектується за лініями, напрямками руху, родом руху.

Розв'язки за лініями (рисунок 4.7) проектується при перехрещенні залізничних ліній з незначною кореспонденцією поїздопотоків; при різних системах струму або видах тяги. Поїзди кожної лінії обслуговуються в окремому парку об'єднаної вузлової станції або на окремій станції вузла.

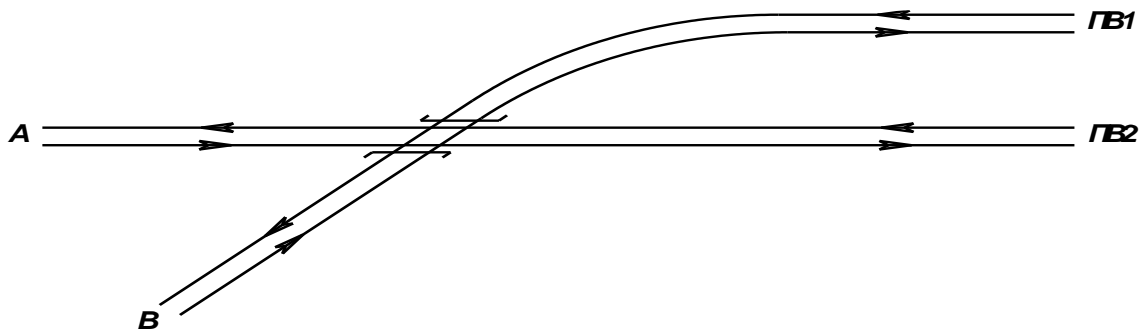


Рисунок 4.7 – Схеми розв’язок на підходах до вузла за лініями

Розв’язки за напрямками руху споруджуються при спеціалізації парків або їхніх секцій на станціях вузла за напрямками. Головні колії, по яких прямують вантажні та пасажирські поїзди одного напрямку, проектуються однією групою (рисунок 4.8).

Розв’язки за родом руху (рисунок 4.8) споруджуються за необхідності відокремлення пасажирського руху від вантажного (або дальнього пасажирського від приміського). Як правило, на вході до вузла проектується розв’язка за напрямками (як виняток – за лініями), а далі до вузла – за родом руху [6].



Рисунок 4.8 – Схеми розв’язок на підходах до вузла

При незначних обсягах пасажирського руху розв’язки за родом руху можуть бути запроектовані як пости-шлюзи або перехрещення в одному рівні. Розв’язки за родом руху споруджуються за наявності у вузлі спеціалізованих станцій.

Залежно від розташування головних колій основної лінії та лінії, що примикає, існують такі розв’язки:

– симетричні (охоплюючі), коли головні колії примикальної лінії розташовуються по різні боки від головних колій основної лінії (рисунки 4.9);

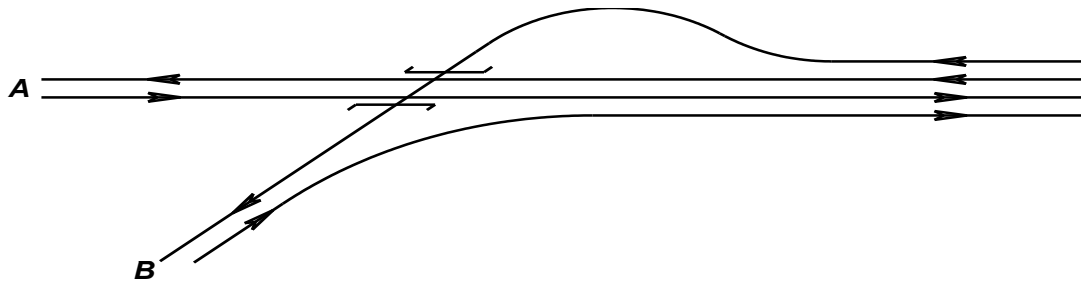


Рисунок 4.9 – Схема симетричної розв’язки на підходах до вузла

– послідовні, коли головна колія примикальної лінії (приймання або відправлення) розташовується між головними коліями основної лінії (рисунки 4.10).

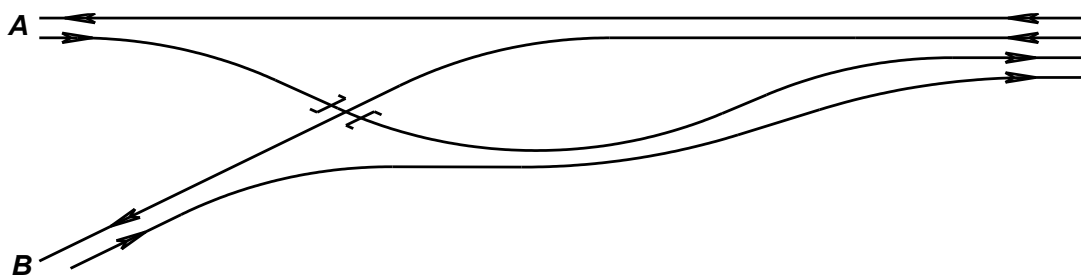


Рисунок 4.10 – Схема послідовної розв’язки на підходах до вузла

Розглядаючи в цілому розв’язки підходів до вузлів за напрямками і родом руху, розрізняють:

- повні розв’язки (рисунки 4.11), у яких відсутні точки перехрещення маршрутів в одному рівні (точка злиття і розгалуження головних колій не є точками перехрещення);

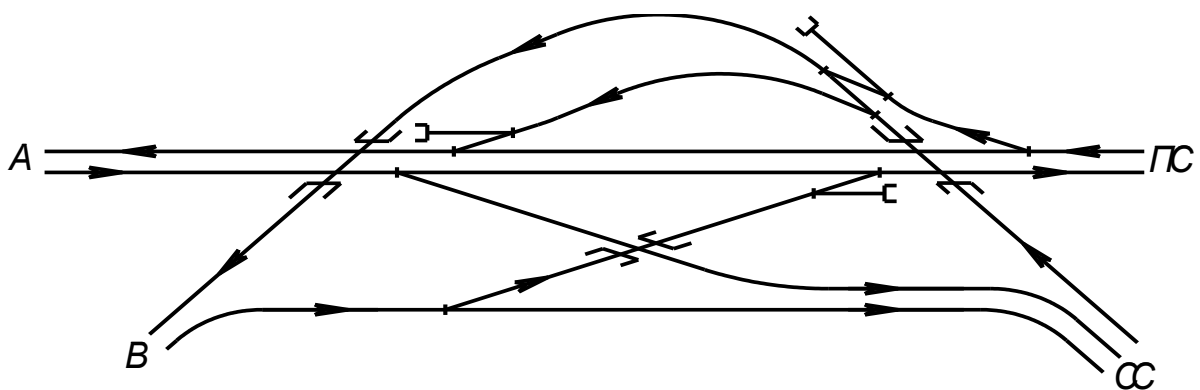


Рисунок 4.11 – Схема повної розв’язки підходів

– скорочені розв'язки (рисунки 4.12), у яких є хоча б одна точка перехрещення попутних маршрутів в одному рівні;

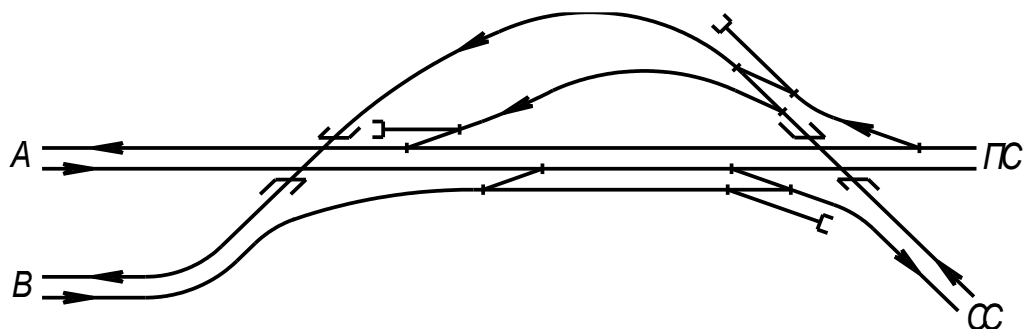


Рисунок 4.12 – Схема скороченої розв'язки підходів

– комбіновані розв'язки (рисунки 4.13), у яких є хоча б одна точка перехрещення зустрічних маршрутів в одному рівні.

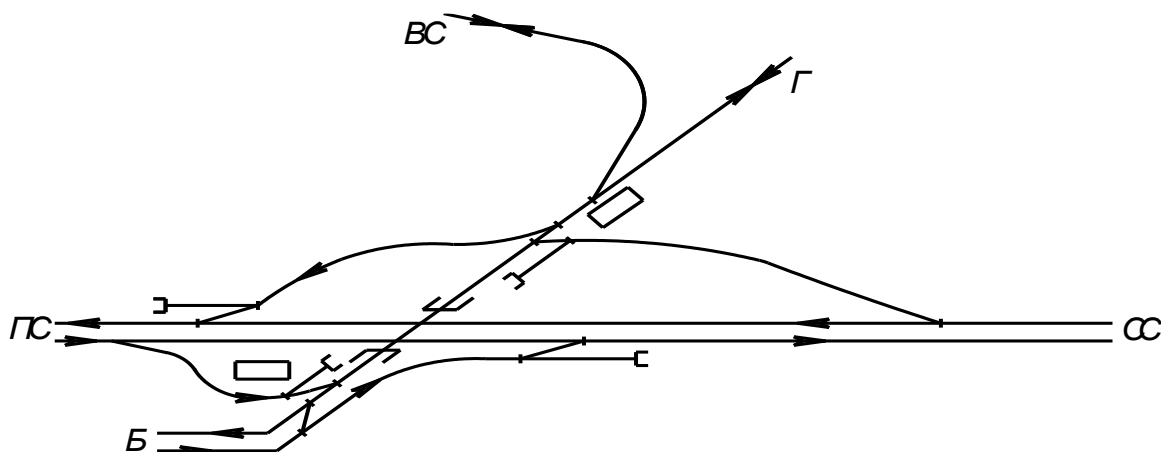


Рисунок 4.13 – Схеми комбінованої розв'язки підходів

4.4 Проектування плану та поздовжнього профілю колієпровідних розв'язок

Проектування плану та профілю головних колій у колієпровідних розв'язках виконується відповідно до вимог, наведених у ДБН В.2.3-19-2008. «Споруди транспорту. Залізничні колії 1520 мм. Норми проектування» [3] для головних колій на перегонах.

Проектування плану колієпровідних розв'язок передбачає дотримання таких вимог:

- забезпечити максимальну швидкість руху поїздів за рахунок застосування кривих з найбільшим радіусом;

- забезпечити мінімальну площу розв'язки та зробити її найкоротшою.

Для виконання зазначених вимог необхідно:

- застосовувати в місцях розташування постів злиття і розгалуження головних колій звичайні стрілочні переводи з марками хрестовин 1/22, 1/18 або симетричні – 1/11с.

- проектувати елементи поздовжнього профілю в розв'язках довжиною не менше половини корисної довжини приймально-відправних колій на перспективу.

Норми проектування колієпровідних розв'язок у плані та профілі слід приймати відповідно до роботи [3].

Якщо алгебраїчна різниця ухилів суміжних елементів буде більше значної норми, то слід проектувати роздільний елемент з перехідним ухилом.

Відхилення головних колій, що ведуть на колієпроводи, має бути на відстані не менше 200 м від горловини (з урахуванням подальшого розвитку станції).

4.5 Типи колієпроводів і їх технічна характеристика

При проектуванні нових колієпроводів їх слід розташовувати над існуючими головними коліями, особливо якщо вони проходять у виїмці. Якщо існуючі головні колії розташовані на високому насипу, то колієпровід слід споруджувати під ними.

Класифікація колієпроводів наведена в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Класифікація колієпроводів

Ознака	Як поділяються
Загальна конструкція	мостового типу; балкового типу; тунельного типу
Конструкція будови	з їздою зверху; з їздою знизу; комбіновані
Конструкція верхньої будови колії	з улаштуванням колії на баласті; з безбаластовою проїжджою частиною
Матеріал виготовлення прогонової будови	металеві; залізобетонні

Колієпроводи балкового і тунельного типу споруджуються тільки за типовими проектами з кутами перехрещення колій від 90° до 15° .

Колієпровідна розв'язка характеризується кутом перехрещення ліній, розташуванням підходів у плані та профілі і шириною отвору колієпроводу. Кут перехрещення приймається стандартним: 20° , 25° , 30° , 45° , 60° і 90° .

Типи розв'язок у вузлах вибираються на підставі техніко-економічного обґрунтування. Рациональне рішення можливе при перехрещенні ліній під кутом, який дозволяє використати типові конструкції колієпроводів. Зі збільшенням кута перехрещення ліній збільшуються витрати на спорудження підходів, експлуатаційні витрати, які пов'язані з пробігом поїздів і утриманням постійних пристроїв, але зменшуються вартість колієпроводу і витрати на його утримання [3].

Різниця позначок головок рейок верхньої та нижньої колії в колієпроводі визначається так:

$$H_{КП} = h_{Г} + h_{ПБ} + h_{Р}, \quad (4.1)$$

де $h_{Г}$ – габаритна висота від рівня головок рейок нижньої колії до нижньої грані прогонової будови, м;

$h_{ПБ}$ – висота прогонової будови до подошви рейок верхньої колії, м;

$h_{Р}$ – висота рейок верхньої колії, м.

ТЕМА 5. Спеціалізація та розрахунок об'єктів залізничної інфраструктури у вузлах

5.1 Розрахунок перехрещень маршрутів на підходах до об'єктів інфраструктури залізничного вузла

Розрахунок перехрещень маршрутів на підходах до об'єктів інфраструктури залізничного вузла містить такі основні положення:

1 Якщо до залізничного вузла в певній послідовності підходять n залізничних ліній, а на виході з залізничного вузла

вони розташовуються в іншій послідовності, то всередині вузла або на підходах до нього виникають точки перехрещення маршрутів.

2 Якщо відбувається повна зміна послідовності розташування підходів на вході та виході з залізничного вузла, то максимальна кількість точок перехрещення n одноколіїних ліній визначається як $S = 0,5n(n-1)$, а для двоколіїних ліній – $S = 2n(n-1)$.

3 Якщо в місці перетину точки перехрещення замінити колієпроводами, то їх кількість буде значно меншою. Один колієпровід дозволяє перекрити всі точки перехрещення, що знаходяться на одній або на n паралельних лініях, які не перехрещуються між собою у площині перекриття.

4 Для заданої кількості точок перехрещення кількість колієпроводів є величиною постійною. Вона не залежить від їх взаємного розташування.

5 Кількість головних колій на n лініях, що перехрещуються у розв'язках по лініях, не впливає на кількість колієпроводів.

6 Розгалуження одноколіїної лінії не призводить до виникнення точок перехрещення (рисунок 5.1, а).

7 Кожне розгалуження двоколіїної лінії призводить до виникнення перехрещення або вимагає спорудження колієпроводу. Кількість точок перехрещення залежить від схеми розгалуження.

При симетричній схемі $S = 2$ (рисунок 5.1, б) траса головних колій основної лінії не змінюється (S – кількість колієпроводів).

При послідовній схемі $S = 1$ (рисунок 5.1, в) траса однієї з головних колій змінюється, що призводить до зменшення швидкості руху поїздів і пропускної спроможності.

8 Якщо застосовується симетрична розв'язка підходів до залізничного вузла за напрямками руху (рисунок 5.1, г), то кількість колієпроводів збільшується у 2 рази порівняно з розв'язкою за лініями $S = 2(n-1)$.

9 Якщо застосовується послідовна розв'язка підходів до залізничного вузла за напрямками руху (рисунок 5.1, д), то кількість колієпроводів збільшується у 3 рази порівняно з розв'язкою за лініями $S = 3(n-1)$.

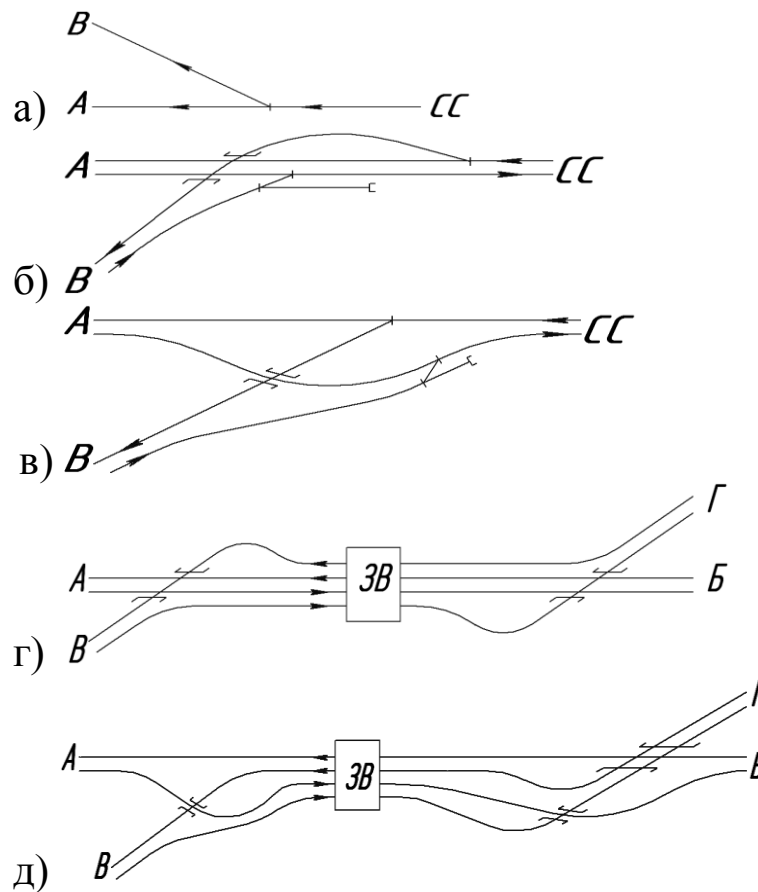


Рисунок 5.1 – Схеми для визначення кількості колієпроводів

10 Якщо застосовується повна розв'язка двоколієвих підходів з обох боків залізничного вузла, то кількість колієпроводів збільшується в 4 рази порівняно з розв'язкою за лініями $S = 4(n - 1)$.

11 Для залізничного вузла з паралельним розташуванням основних станцій:

- при застосуванні симетричної розв'язки підходів утворюється $(n^2 - n)$ точок перехрещення на вході до вузла та $(2n^2 - n)$ при розділенні маршрутів за родом руху;

- при застосуванні послідовної розв'язки підходів утворюється $0,5(n^2 - n)$ точок перехрещення на вході і така сама кількість точок перехрещення далі до станцій.

Кількість головних колій у межах залізничного вузла впливає на кількість точок перехрещення маршрутів і може суттєво змінюватися.

5.2 Розміщення сортувальних станцій у залізничному вузлі

При збільшенні кількості примикальних підходів до залізничних вузлів відбувається збільшення обсягів виконуваної роботи. Тому виникає необхідність у раціональному розподілі роботи між станціями вузла, концентрації виконання однорідних операцій на меншій кількості станцій. Такі заходи потребують вибору раціонального місця розташування основних станцій у вузлі та врахування вимог планування міста.

В основному для виконання сортувальної роботи залізничні вузли мають одну сортувальну станцію. Залізничні вузли, які обслуговують великі або столичні міста, крупні промислові райони, можуть мати декілька сортувальних станцій. Місце розташування станцій визначається на підставі проведення техніко-економічного обґрунтування.

Розташування сортувальних станцій має забезпечувати концентрацію сортувальної роботи на меншій кількості технічно оснащених станцій.

Якщо залізничний вузол має одну сортувальну станцію, яка на перспективу може бути перебудована у двосторонню сортувальну станцію, то слід розглядати варіант спорудження другої односторонньої сортувальної станції [1, 3].

Якщо залізничний вузол має дві сортувальні станції, то одна з них за своїм призначенням є основною і працює на прилеглі до вузла підходи, а інша – допоміжна та призначена в основному для виконання сортувальної роботи в межах самого вузла. Нові сортувальні станції слід розташовувати за межами міста.

5.3 Розміщення вантажних станцій у залізничному вузлі

Кількість і розташування вантажних станцій у вузлах залежить від обсягів вантажної роботи, розміщення пунктів навантаження-розвантаження, планування міста, кількості підходів. Воно встановлюється на основі техніко-економічних розрахунків.

У невеликих і середніх містах, як правило, споруджується одна вантажна станція, до якої примикають вантажний район і

під'їзні колії. Якщо в залізничному вузлі здійснюється перевалка вантажів з одного виду транспорту на інший, то споруджуються спеціалізовані вантажні станції.

На кількість вантажних станцій впливає наявність міст-супутників, розташування крупних промислових підприємств на значній відстані від житлової частини міста.

Вантажні станції можуть розташовуватися в межах промислових районів міста або на лініях, що підходять до вузла.

Розташування вантажної станції в межах міста зменшує пробіг автотранспорту і рівень завантаження залізничних ліній. Як правило, вантажні станції в такому випадку розташовують на тупикових введеннях, що порушує планувальну структуру міста, зменшує пропускну спроможність міста через наявність перехрещень в одному рівні.

Для скорочення пробігу місцевих вагонів у межах вузла та зменшення вартості переробки вагонів на сортувальній станції доцільно розташовувати вантажні станції на підходах до вузла. Значне віддалення вантажної станції від районів, які вона обслуговує, призводить до збільшення вартості доставки вантажів автотранспортом, збільшення відстані пробігу вагонів і локомотивів, збільшення обсягів переробки вагонів на сортувальних станціях та ін. Остаточне рішення про вибір місця розташування та кількість вантажних станцій приймається на підставі проведення детальних техніко-економічних розрахунків [1, 3].

При виборі місця розташування вантажної станції слід враховувати її технологічний зв'язок із сортувальною станцією. За наявності у вузлі декількох вантажних станцій їх доцільно спеціалізувати за родами вантажів. Концентрація роботи на декількох технічно обладнаних вантажних станціях дозволяє раціонально розташовувати їх у вузлі, враховуючи планування міста; забезпечувати зручні умови для пропускання місцевих вагонів у вузлі; ефективно використовувати технічне обладнання станцій і потужність основних пристроїв і механізмів.

Вантажні станції, призначенні для переробки небезпечних вантажів, слід розташовувати на відстані, яка забезпечує дотримання санітарно-гігієнічних вимог.

5.4 Розміщення пасажирських пристроїв у залізничному вузлі

Для обслуговування пасажирів і пасажирських поїздів у залізничному вузлі передбачається пасажирський комплекс, до складу якого входять пасажирська, пасажирська технічна станція та залізничний вокзал.

У залізничних вузлах із кількістю мешканців менше 1 млн, проектується одна пасажирська станція, яка виконує всі операції з обслуговування приміських і дальніх пасажирів. В окремих вузлах передбачаються дві станції – основна і допоміжна. Залізничні вузли особливо великих міст мають декілька станцій, які обслуговують дальній і приміський рух.

При розташуванні пасажирських пристроїв слід враховувати розміри транзитних, місцевих і приміських пасажиропотоків; існуючі підходи до вузлів і забудову міст. Для транзитних пасажирів слід забезпечувати прямування поїздів за найкоротшими напрямками; для місцевих пасажирів слід забезпечувати зручні зв'язки з міськими видами транспорту; для приміських пасажирів – можливість прибуття до місця роботи і житла з мінімальною кількістю пересадок [6].

Розташування пасажирських станцій слід погоджувати з загальним архітектурно-планувальним планом міста.

Зонні станції слід розташовувати на головних ділянках у пунктах зародження (погашення) великих пасажиропотоків. На одній із зонних чи основній пасажирській станції в місті розміщують пасажирську технічну станцію для моторвагонних составів.

Пасажирські технічні станції слід розташовувати з урахуванням забудови міста, найменших пробігів пасажирських составів і локомотивів, поточності прямування основної частини составів на пасажирську технічну станцію та навпаки. Пасажирські технічні станції утворюють із пасажирською станцією єдиний комплекс, тому їх необхідно розташовувати поруч. У великих вузлах проектується також бази відстою резерву пасажирських вагонів.

Нові пасажирські технічні станції, парки резервного рухомого складу, споруди та пристрої, що не мають

безпосереднього зв'язку з обслуговуванням населення міста, слід розташовувати за межами селітебної території.

Пасажирські зупинні пункти на залізничних лініях, що проходять по території міста, розташовують поблизу жилих і промислових районів на відстані не менше 2 км. Розташування на менших відстанях дозволяється в окремих випадках при відповідному обґрунтуванні.

Кількість пасажирських технічних станцій у вузлі залежить від обсягу роботи, кількості ліній, що сходяться, і типу вузла. У великих містах зазвичай одна технічна станція, в особливо великих – може бути дві-три [3].

5.5 Розміщення пристроїв локомотивного і вагонного господарств у залізничному вузлі

Розташування пристроїв локомотивного господарства в залізничних вузлах має забезпечувати мінімальні пробіги локомотивів. Як правило, пристрої локомотивного господарства розташовуються на основній сортувальній станції залізничного вузла. Якщо у вузлі є допоміжна сортувальна станція, то на її території споруджується оборотне депо, а на основній станції – основне депо.

Локомотивне господарство для обслуговування пасажирських поїздів слід розташовувати поблизу пасажирської технічної станції або споруджувати об'єднаним для вантажних і пасажирських локомотивів.

Екіпірувальні пристрої для поїзних локомотивів слід проектувати на сортувальній станції, за необхідності на великих вантажних станціях, які систематично формують і розформовують маршрути поїздів. За наявності пасажирських технічних станцій або технічних парків на них передбачаються екіпірувальні пристрої для пасажирських локомотивів.

Вагоноремонтні депо для вантажних вагонів розміщують, як правило, на основній сортувальній станції, а для пасажирських – на пасажирській технічній. При великому обсязі вантажно-розвантажувальних операцій на одній вантажній станції може бути запроектовано друге вагоноремонтне депо.

Вагонне і локомотивне депо рекомендується споруджувати на одній станції для сумісного використання їх пристроїв.

Розташування моторвагонного депо для обслуговування приміських електро- та дизель-поїздів здійснюється у відповідності з проектом на підставі техніко-економічного порівняння варіантів [3].

5.6 З'єднувальні колії та обходи вузлів

Для зв'язку залізничних ліній і станцій, крім головних колій, проектують різного роду з'єднувальні колії. З'єднувальні колії призначені для забезпечення можливості прямого пропускання вантажних поїздів з кожної лінії або сортувальної станції на всі інші лінії або сортувальні станції вузла, а пасажирських – з будь-якого напрямку на пасажирську станцію та далі через вузол. У плані та профілі їх слід проектувати за технічними умовами, прийнятими для ліній, які вони зв'язують.

З метою скорочення пробігу рухомого складу у вузлах, покращення організації руху вагонопотоків і розвантаження окремих ліній і ходів усередині вузлів проектують обходи. Обходи призначені для пропускання транзитних вантажних поїздів в обхід пасажирської станції та розвантаження окремих частин вузла; обслуговування великого промислового району; пропускання поїздів в обхід великого мостового переходу; пропускання транзитних вантажних поїздів в обхід основних станцій вузла або глибокого обходу вузла (на відстані 40-50 км).

На обходах можуть розташовуватись вантажні станції, проміжні станції, зупинні пункти, в окремих випадках – допоміжні сортувальні та пасажирські технічні станції.

Кількість колій на обході і тип розв'язок залежить від розмірів руху на розрахунковий термін експлуатації по основних ходах всередині вузлів та обходах. Якщо обхід резервний, то допускається перехрещення маршрутів в одному рівні.

Пристрої локомотивного і вагонного господарств і пункти зміни локомотивних бригад для поїздів, які пропусकाються по обходах, проектуються на передвузлових станціях.

В усіх випадках обходи мають стратегічне значення і постійно контролюються, а розв'язки охороняються спеціальною службою воєнізованої охорони [3].

ТЕМА 6. Загальні положення проектування об'єктів залізничної інфраструктури

6.1 Категорії залізниць

Залежно від призначення, характеру, розмірів і швидкостей руху залізничні лінії та під'їзні колії поділяються в частині норм проектування на категорії. Категорія залізничної лінії визначається за одним із наведених у таблиці 6.1 показників, який встановлює найвище значення категорії [3].

Таблиця 6.1 – Характеристика залізничних ліній

Категорія залізничних ліній	Призначення залізниць	Розрахункова річна приведена вантажонапруженість (нетто у вантажному напрямку) на 10-й рік експлуатації, млн ткм/км	Обсяги руху вантажних, пасажирських і приміських поїздів на 10-й рік експлуатації, пар прив. поїздів на добу	Максимальна швидкість руху пасажирських поїздів, км/год
Швидкісні	Залізничні магістральні лінії	Незалежно від вантажонапруженості	Незалежно від обсягів руху	161-200
I	те саме	Більше 50	Більше 80	160
II	те саме	Більше 30 до 50 включно	Більше 60 до 80 включно	140
III	те саме	Більше 20 до 30 включно	Більше 40 до 60 включно	120
IV	те саме	Більше 10 до 20 включно	Більше 25 до 40 включно	100
V	Залізничні лінії	Більше 3 до 10 включно	Більше 15 до 25 включно	80
VI	те саме	До 3 включно	Більше 10 до 15 включно	до 80
VII	те саме	те саме	До 10 включно	до 60
	Внутрішньостанційні з'єднувальні та під'їзні колії	Незалежно від вантажонапруженості	Незалежно від обсягів руху	

Розрахункова річна приведена вантажонапруженість – показник інтенсивності перевезень, що характеризує обсяг перевезень вантажів і пасажирів по дільниці, що розглядається (лінії, залізниці), у середньому за рік.

Для визначення категорії залізничної лінії використовують розрахункову річну приведену вантажонапруженість нетто у вантажному напрямку з урахуванням кількості пасажирських і приміських поїздів, маси їх завантаження. Для проектування поздовжнього профілю, визначення керівних ухилів, тягових розрахунків використовують річну приведену вантажонапруженість бруто.

Річна приведена вантажонапруженість нетто дільниці (лінії)

$$Q_n = \frac{\sum Q_i l_i + \sum A_j l_j}{L_{екс}}, \quad (6.1)$$

де Q_i – кількість перевезених вантажів у вантажному напрямку для i -ї групи вантажів;

l_i – середня дальність перевезення i -ї групи вантажів, км;

A_j – кількість перевезених пасажирів;

l_j – середня дальність перевезення пасажирів, км;

$L_{екс}$ – загальна експлуатаційна довжина дільниці (лінії), км.

Річна приведена вантажонапруженість бруто ($Q_{бр}$), відрізняється від вантажонапруженості нетто (Q_n), тим, що враховує, крім ваги всіх перевезених (або запланованих до перевезення) вантажів Q_i , вагу тари вагонів і сумарну вагу локомотивів, що прослідували по дільниці за рік. Цей показник характеризує загальний тоннаж, що прослідував по кожному кілометру колії дільниці (лінії, залізниці), що розглядається, у середньому за рік, і використовується при розрахунках поздовжнього профілю нових ліній і плануванні ремонтів колії.

6.2 Траса, план і профіль лінії

Для раціонального розташування нових споруд і пристроїв і перевірки розташування існуючих необхідно проводити вимірювання на місцевості та складати план з нанесенням усіх

необхідних даних. Відносно невеликі ділянки поверхні можна практично приймати за площину й зображувати в одному масштабі. Таке зображення називають планом місцевості.

Рельєф місцевості на планах зображують за допомогою спеціальних ліній – горизонталей. Горизонталі – це контури фігур на карті або плані місцевості, що виходять від уявного перетину земної поверхні горизонтальними площинами, які знаходяться одна від одної на однакових відстанях (зазвичай через 1; 5; 10 м). Для побудови горизонталей з'єднують точки з однаковими відстанями по вертикалі від певного рівня. Відстані до точок від цього рівня називаються відмітками.

Відмітки можуть бути абсолютними та умовними. Абсолютними відмітками називають вертикальні відстані від рівня Балтійського моря, прийнятого за незмінний, і наносять їх на топографічних картах горизонталями. При складанні планів місцевості часто користуються умовними відмітками, які характеризують висоти точок місцевості або споруджень, обчислені від умовного горизонту, зафіксованого незмінними по висоті точками – реперами.

На плані рівнинної місцевості горизонталі мають плавний обрис і розташовані на значних відстанях одна від одної. На плані пересіченої або гірської місцевості горизонталі сильно згущені та досить хвилясті [7].

План місцевості в горизонталях дає уявлення про рельєф місцевості та дозволяє вибрати найбільш раціональне розташування залізничної лінії, запроектувати розв'язки ліній, розташування станцій, переходів річок, визначити приблизно обсяг будівельних робіт при різних варіантах проектної лінії.

Плани в горизонталях складають у таких масштабі:

- для генеральних схем крупних залізничних вузлів – 1:25000;
- для генеральних схем залізничних вузлів – 1:10000, 1:5000;
- для роз'їздів, обгінних пунктів, проміжних станцій – 1:2000;
- для сортувальних, дільничних і вантажних станцій – 1:1000.

Використовуючи плани місцевості в горизонталях, проектувальник намічає варіанти траси лінії (рисунок 6.1).

Траса – лінія, що характеризує положення поздовжньої осі залізничної колії в просторі на рівні бровки земляного полотна.

Поздовжній профіль – вертикальний розріз по трасі, розгорнутий на площину.

План лінії – проекція траси на горизонтальну площину.

Смуга відведення – смуга землі уздовж траси, що відведена для розміщення залізничної колії та інших пристроїв залізниці.

Трасування – процес прокладання траси. При трасуванні слід прагнути, щоб лінія мала якнайменшу довжину, проходила поблизу населених пунктів і в найбільш сприятливих умовах рельєфу місцевості, перетинала великі річки в зручних місцях, вимагала мінімального обсягу земляних робіт і кількості середніх і малих штучних споруд. При цьому потрібно уникати перетинання боліт, ярів та інших місць із несприятливими гідрогеологічними умовами.

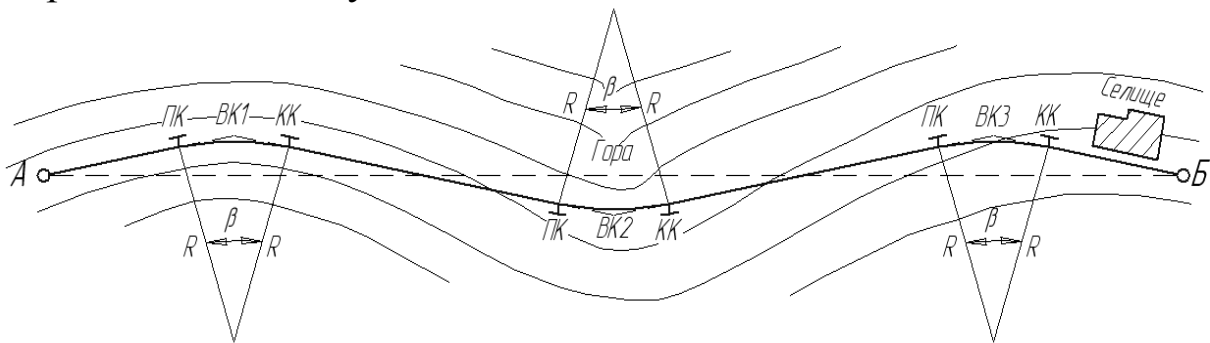


Рисунок 6.1 – План залізничної колії

Від характеру лінії в профілі та плані залежить обсяг будівельних робіт і вартість будівництва, умови експлуатації та розміри експлуатаційних витрат, безпека та плавність руху поїздів. Для забезпечення зручностей експлуатації та мінімальних експлуатаційних витрат (або собівартості перевезень) слід проектувати колію, що у профілі має пологі спуски, площадки та невеликі підйоми, а в плані є прямою лінією. Таке трасування має назву «вільний хід».

Найчастіше трасування виконується «напруженим ходом» і характеризується необхідністю штучного подовження (розвитку) лінії та багаторазовою зміною напрямку ходу, щоб обійти перешкоди.

Для сильно пересічених або гірських місцевостей, а також місцевостей зі складними геологічними умовами розробляють і

порівнюють кілька варіантів траси. Остаточний вибір варіанта виконують за допомогою техніко-економічних розрахунків [7].

План залізничної лінії являє собою різноманітні сполучення прямолінійних і криволінійних ділянок. Основними параметрами *прямолінійної* ділянки є її довжина та напрямок. Основними параметрами *криволінійної* ділянки є кут повороту β , що залежить від умов місцевості; радіус R , обумовлений категорією лінії; довжина кривої і тангенс кривої (відстань від початку або кінця кривої до вершини кута повороту).

Радіуси кривих на нових ділянках слід приймати відповідно до таблиці 6.2 [3].

Таблиця 6.2 – Норми проектування кривих у плані

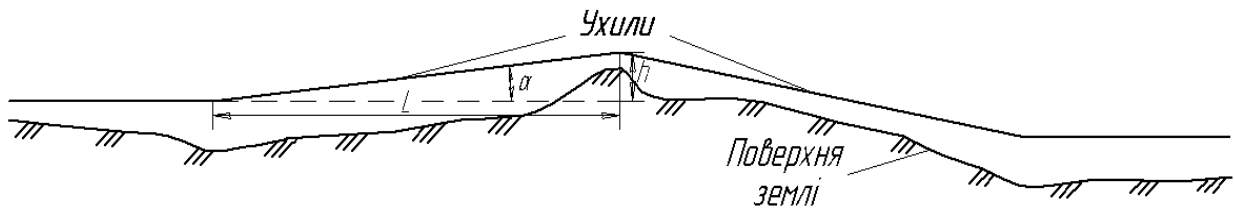
Категорії залізничних ліній, під'їзних колій	Радіуси кривих у плані, м			
	Рекомендовані	Допустимі		
		у складних умовах	в особливо складних умовах при ТЕО	при погодженні з адміністрацією залізничного транспорту України
Швидкісні	4000-3000	2500	1200	800
I-II	4000-2500	2000-1500	1000	600
III	4000-2000	1500	800	400
IV, V	4000-1200	800	600	300
VI, VII	2000-1000	600	300	200
Під'їзні колії	2000-600	500	200	-
З'єднувальні колії	2000-350	250	200	-

Для уніфікації проектних робіт прийнято такі стандартні величини радіусів: 4000, 3000, 2500, 1800, 1500, 1200, 1000, 800, 700, 600, 500, 400, 350, 300, 250 та 200 м.

При проектуванні можливі випадки розміщення на колії зворотних кривих або кривих, направлених в один бік. Між початковими точками кругових кривих, а за наявності перехідних кривих – між початковими точками цих кривих, слід влаштовувати прямі вставки встановленої довжини [3].

Проекція розгортки траси залізничної лінії по поздовжній осі колії на вертикальну площину має назву *поздовжнього профілю* лінії. На рисунку 6.2 це сполучення відрізків прямих, що

зображують горизонтальні площадки, підйоми й спуски різної довжини і крутості.



l – довжина елемента профілю, м;

h – висота елемента профілю, м;

α – кут нахилу елемента профілю до горизонту

Рисунок 6.2 – Поздовжній профіль залізничної лінії

Спуски та підйоми називають ухилами. Від значення крутості ухилів залежить вага поїздів і система організації їх руху. Для характеристики залізничної лінії використовують *керівний ухил* – найбільший ухил (підйом) на прямій ділянці лінії, за яким розраховуються норми ваги поїздів у вантажному напрямку при одиночній тязі та мінімальні швидкості руху.

Керівний ухил визначається залежно від категорії залізничної лінії на підставі техніко-економічних розрахунків з урахуванням топографічних умов місцевості, обсягів, характеру і темпу зростання перевезень на перспективу, роду й потужності локомотивів і основних параметрів проектної залізничної лінії та існуючих ліній, які до неї примикають.

На нових залізничних лініях керівний ухил у вантажному напрямку не повинен перевищувати [3]:

- на лініях I категорії – 9 ‰;
- на лініях II категорії – 12 ‰;
- на лініях III категорії – 15 ‰;
- на лініях IV категорії – 20 ‰;
- на лініях V-VII категорій – 30 ‰.

У складних та особливо складних умовах при відповідному обґрунтуванні допускається застосовувати крутіші керівні ухили до 40 ‰.

На міжнародних магістральних лініях керівний ухил приймається не більше 12,5 ‰, незалежно від вантажонапруженості, а на нових швидкісних магістральних лініях – не більше 20 ‰.

При проектуванні додаткових головних колій, реконструкції, переоснащенні існуючих залізниць їхній керівний ухил не змінюється.

Найбільший ухил спусків і їх довжина повинні забезпечувати безпеку руху виходячи з умов роботи гальмових засобів поїзда.

Поздовжній профіль слід проектувати елементами з максимальною довжиною при найменшій алгебраїчній різниці ухилів суміжних елементів. Довжина елемента не повинна бути менше половини корисної довжини приймально-відправних колій, прийнятої на перспективу, а на внутрішньостанційних, з'єднувальних і під'їзних коліях VI, VII категорій – половини довжини поїзда або состава поїзда, що передається маневровим порядком (але не менше 100 м).

Алгебраїчна різниця ухилів (Δi_n) суміжних елементів не повинна перевищувати значень, наведених у чисельнику в таблиці 6.3 [3]. При більшій різниці ухилів суміжні елементи слід сполучати за допомогою роздільних площадок та (або) елементів перехідної крутості, довжина яких при вказаних значеннях Δi_n повинна бути не менше значень, наведених у знаменнику.

Таблиця 6.3 – Вимоги до поздовжнього профілю суміжних елементів

Категорія лінії	Найбільша алгебраїчна різниця ухилів (Δi_n) і найменша довжина роздільних площадок при корисній довжині приймально-відправних колій, м			
	850	1050	1700	2100
Рекомендовані норми				
Швидкісна	6/250	4/300	-	-
I	-	3/250	3/250	3/400
II	6/200	4/250	3/250	3/300
III	8/200	5/250	4/250	3/300
IV, V	13/200	7/200	7/250	4/250
VI, VII	13/200	8/200	8/250	-
Допустимі норми				
Швидкісна	10/250	9/300	-	-
I	-	10/200	5/250	4/300
II	13/200	10/200	5/250	4/300
III	13/200	10/200	6/250	4/250
IV, V	13/200	10/200	8/250	6/250
VI, VII	20/200	10/200	10/200	-

Вертикальні криві розміщуються за межами перехідних кривих, а також поза межами прогонових мостів і колієпроводів із безбаластною проїзною частиною на відстані не менше тангенса вертикальної кривої (T). Криві, що сполучають елементи профілю, не повинні заходити в межі стрілочних переводів.

При вишукуванні і будівництві залізниць до геодезичних робіт належить *трасування* – комплекс інженерно-геодезичних вишукувань з вибору траси відповідно до технічних та економічних умов. Розрізняють камеральне та польове трасування. У результаті камерального трасування одержують план траси та поздовжній профіль.

Сукупність вимірювань на місцевості з метою складання плану або вирішення спеціальних інженерно-технічних завдань називають *зйомкою*. Розрізняють зйомки горизонтальні, вертикальні та топографічні.

При проектуванні станцій і вузлів застосовують топографічну зйомку місцевості. При топографічній зйомці визначають положення точок місцевості в горизонтальній площині та по висоті. У результаті одержують план місцевості з зображенням ситуації і рельєфу даної ділянки.

6.3 Загальні відомості проектування та устаткування колій для швидкісного руху

На нових швидкісних магістральних лініях керівний ухил не повинен перевищувати 20 ‰. На лініях зі змішаним рухом при вантажонапруженості нетто у вантажному напрямку на 10-й рік експлуатації понад 15 млн ткм/км керівний ухил має бути не більше 15 ‰, а при вантажонапруженості більше 30 млн ткм/км – не перевищувати 12 ‰ [10].

Найбільша алгебраїчна різниця ухилів суміжних елементів профілю має бути 6 ‰ (при корисній довжині 850 м). Найменша довжина роздільних площадок і елементів перехідної крутості при корисній довжині приймально-відправних колій 850 м має бути 250 м, а при корисній довжині 1050 м – відповідно 4 ‰ і 300 м. У вертикальній площині суміжні елементи поздовжнього профілю слід сполучати кривими радіусом 20000 м, у складних умовах – 15000 м.

Криві ділянки колії нових залізниць слід проектувати з радіусами:

- у звичайних умовах – 4000-3000 м;
- у складних умовах – не менше 2500 м;
- в особливо складних умовах при техніко-економічному обґрунтуванні – не менше 1200 м;
- за погодженням з Державною адміністрацією залізничного транспорту – не менше 800 м.

Прямі та криві ділянки колії, а також суміжні кругові криві різних радіусів сполучаються тільки за допомогою перехідних кривих. Прямі вставки між початковими точками перехідних кривих у нормальних умовах мають бути не менше 150 м, у складних умовах – не менше 100 м.

На багатоколійних перегонах відстань між осями другої та третьої колії, які передбачається побудувати, має бути не менше 10000 мм.

Відстань між осями головних колій на станціях та обгінних пунктах має дорівнювати відстані між осями колій на прилеглих перегонах, а між головною і суміжною з нею – 7650 мм, але не менше 7400 мм [3, 10].

Основною схемою розташування приймально-відправних колій на проміжних станціях та обгінних пунктах є поздовжня.

Станції, роз'їзди й обгінні пункти слід розташовувати на прямих ділянках колії, у складних умовах – на кривих радіусом не менше 2000 м.

Ширину основної площадки земляного полотна нових залізниць на прямих ділянках колії в межах двоколійних перегонів слід приймати для глинистих ґрунтів – 11,7 м, для скельних – 10,7 м. Розширення в кривих устанавлюються за розрахунком.

Крутість укосів насипів і виїмок має відповідати загальним вимогам.

Характеристика верхньої будови колії для швидкісних ліній:

- безстикова колія з відрізками довжиною в перегін або блок-дільницю з нових термозміцнених рейок типу Р65 і UIC60 вищої категорії;

- скріплення і шпали – нові;

- епюра шпал: у прямих і кривих із радіусом 2000 м та більше – 1840 шт./км, у кривих менших радіусів – 2000 шт./км;
- баласт – щебеневий з товщиною шару під залізобетонними шпалами не менше 40 см, під дерев'яними – не менше 35 см;
- баластна подушка – пісок товщиною не менше 20 см.

Ширину баластної призми зверху на прямих одноколійних лініях слід приймати при всіх видах баласту не менше 3,85 м. Крутість укосів баластної призми – 1:1,5, для піщаної подушки – 1:2.

На головних коліях станцій, де передбачено пропускання пасажирських поїздів зі швидкостями понад 140 км/год і до 200 км/год включно, укладаються спеціальні стрілочні переводи типу Р65 марок 1/18 та 1/11 із гнучкими гостряками і хрестовиною з безперервною поверхнею кочення та стрілочні переводи більш пологих марок. Стрілочні переводи, задіяні в маршрутах приймання та відправлення швидкісних поїздів, обладнуються замикачами гостряків і рухомих осердь [3, 10].

Довжина прямих вставок між суміжними стрілочними переводами має бути не менше 25 м, у складних умовах – не менше 12,5 м.

Перетин залізничної колії з автомобільними шляхами слід проектувати в різних рівнях.

Пасажирські платформи для посадки і висадки пасажирів необхідно розташовувати з зовнішнього боку головних колій. Ширина основної бічної платформи має забезпечувати можливість безпечного перебування на ній пасажирів (не менше 3 м від краю платформи) – не менше 6 м, а розташованої між головними коліями – не менше 8 м. Переходи між платформами слід проектувати в різних рівнях – тунелі, пішохідні мости. Відстань між крайньою межею павільйонів та іншими спорудами, входами в тунелі, сходами з пішохідних мостів на платформу має бути не менше 3 м.

На залізницях України технічними умовами дозволено укладати безстикову колію лише на залізобетонних шпалах з роздільними скріпленнями з пружинами або жорсткими клемами.

Колії швидкісного руху віднесені до Ш1 категорії колій. На таких коліях для укладання застосовуються лише термозміцнені рейки типів Р65 і UIC60 вищої категорії якості. Зазначені колії

передбачають рух тільки пасажирських поїздів. Суміщений рух з окремими вантажними поїздами дозволяється тільки як виключення на окремих ділянках із невеликою інтенсивністю руху за окремим дозволом АТ «Укрзалізниця». [5].

ТЕМА 7. Основні етапи виконання робіт з організації вишукування та проектування об'єктів залізничної інфраструктури

7.1 Послідовність виконання робіт з розроблення проектів

Початковим етапом розроблення проектів документації на будівництво об'єктів залізничної інфраструктури є розроблення *«Обґрунтувань інвестицій у будівництво»*. Розділ *«Обґрунтувань інвестицій у будівництво»* містить такі роботи [2]:

- визначають цілі інвестування; економічний, соціальний і комерційний ефект, що очікується від функціонування об'єкта;

- визначають потужність об'єкта та основні технологічні рішення;

- наводять обґрунтування вибору місця розміщення (наприклад траси залізниці, місця розташування окремих станцій) та основні будівельні рішення: показники траси, основні характеристики крупних об'єктів залізничної інфраструктури, терміни та черговість будівництва, потребу в матеріальних ресурсах, міркування щодо організації будівельно-монтажних робіт, рішення з енергозабезпечення, тепло- і водопостачання та ін.;

- наводять оцінку впливу на навколишнє середовище;

- визначають потребу в трудових ресурсах і варіанти забезпечення соціально-побутових умов.

Оцінка ефективності інвестицій базується на визначенні вартості будівництва, можливих джерел та умов фінансування, собівартості перевезень, аналізі ризиків інвестицій.

Після проведення *«Обґрунтувань інвестицій у будівництво»* розробляють загальні висновки щодо господарської необхідності, технічної можливості, комерційної, економічної та соціальної доцільності інвестицій у будівництво об'єктів залізничної

інфраструктури з урахуванням їхньої екологічної та експлуатаційної безпеки.

З урахуванням затверджених органами виконавчої влади «Обґрунтувань інвестицій» розробляється «Проектна документація» на будівництво об'єктів залізничної інфраструктури з урахуванням технічного завдання на проектування та матеріалів інженерних вишукувань.

Основним проектним документом на будівництво об'єктів залізничної інфраструктури є техніко-економічне обґрунтування «ТЕО будівництва». Після розроблення «ТЕО будівництва» на другій стадії проектування розробляється «Робоча документація».

При проектуванні об'єктів залізничної інфраструктури виконуються економічні та інженерно-технічні вишукування.

Метою економічних вишукувань є [2]:

- обґрунтування необхідності та доцільності будівництва нової залізничної лінії (або станції) або реконструкції існуючої з визначенням техніко-економічних показників; визначення її ролі, призначення та взаємодії з існуючими об'єктами залізничної інфраструктури та іншими видами транспорту;

- визначення загальних обсягів вантажних і пасажирських перевезень на розрахункові терміни; їх розподіл на місцеві та транзитні потоки зі співвідношенням по напрямках і з урахуванням їх нерівномірності;

- виявлення конкурентоспроможних варіантів проектних рішень, їх порівняння з урахуванням впливу на перерозподіл вантажних і пасажирських перевезень по існуючих залізницях та інших видах транспорту.

Головні завдання інженерно-технічних вишукувань [2]:

- встановлення категорії залізниці;

- уточнення траси та напряму лінії (з урахуванням топографічних, геологічних та інших місцевих умов), складання плану та поздовжнього профілю;

- визначення для лінії, що проектується, її основних елементів (типу верхньої будови колії, конструкції земляного полотна, штучних споруд);

- вибір місць і видів переходів через великі річки, виявлення водозбірних басейнів та отворів штучних споруд;

- розміщення роздільних пунктів (станцій), що забезпечує задану пропускну спроможність лінії та раціональне обслуговування місцевої роботи і пасажирів;
- вибір площадок для розташування об'єктів залізничної інфраструктури;
- розрахунок вартості будівництва.

7.2 Зміст проектів і порядок їх розроблення

Проектування всіх видів капітального будівництва залізничних ліній (нових, додаткових головних колій), технічне переоснащення та реконструкції існуючих споруд і пристроїв залізниць загальної мережі України, зовнішніх залізничних під'їзних колій виконуються згідно з Державними будівельними нормами «Споруди транспорту. Залізничні колії 1520 мм. Норми проектування» ДБН В.2.3-19-2008 [3], а також розробленими в розвиток цих ДБН відомчими інструкціями. При цьому додержуються інших державних стандартів і будівельних норм, Статуту залізниць України, Правил технічної експлуатації залізниць України, протипожежних і санітарних норм, Вимог із забезпечення безпеки руху поїздів і охорони праці працівників і службовців, безпеки пасажирів [2, 3].

Технічне завдання на проектування є основою для розроблення проектів. Воно видається АТ «Укрзалізниця» та містить таку інформацію: призначення лінії, початковий і кінцевий пункти, довжина приймально-відправних колій, терміни будівництва, керівний ухил, рід тяги, тип локомотива, розміри вантажо- та пасажиропотоків і за необхідності інші дані.

Проекти об'єктів залізничної інфраструктури складаються з економічного і технічного розділів.

В *економічному розділі* уточнюються і визначаються характер і розміри майбутніх робіт, масу поїздів, навантаження вагонів, коефіцієнти нерівномірності перевезень. Цей розділ містить необхідні дані для обґрунтування економічної ефективності та доцільності будівництва лінії.

Технічний розділ містить проектно-кошторисну документацію з обґрунтування вибору напрямку лінії; встановлення її траси, плану та профілю; розміщення та

конструкції типових та індивідуальних споруд і пристроїв; по організації спорудження та експлуатації лінії. Цей розділ містить також основні техніко-економічні показники.

Об'єкти, будівництво яких передбачається відповідно до типових, або проекти, які раніше використовувалися, а також технічно нескладні проектують в одну стадію – *робочий проект* зі зведеним розрахунком вартості по кошторисах і типових проектах з урахуванням місцевих умов.

Великі та складні об'єкти після затвердження техніко-економічного обґрунтування проектують у дві стадії: перша стадія – *проект*, друга стадія – *зведена робоча документація* [2].

На першій стадії деталізуються і уточнюються прийняті в техніко-економічному обґрунтуванні рішення. Проект має включати пояснювальну записку, технологічні та будівельні рішення, організацію будівництва, заходи з охорони навколишнього середовища та попередження надзвичайних ситуацій, кошторисну документацію і аналіз ефективності інвестицій.

Розділ *проекту* складається з даних про значення лінії, яка проектується, її взаємодію з іншими видами транспорту, обсяги і структуру вантажних і пасажирських перевезень на розрахункові терміни експлуатації.

Розділ, присвячений будівельним рішенням, містить:

- обґрунтування вибору напрямку траси; основних параметрів, засобів і пристроїв технічного оснащення лінії, яка проектується (керівний ухил, корисна довжина приймально-відправних колій, кількість головних колій, вид тяги та ін.);

- проекти плану і профілю лінії, земляного полотна на перегонах і станціях, верхньої будови колії, мостів, труб, тунелів та інших штучних споруд;

- розміщення об'єктів залізничної інфраструктури та їхні проекти.

«*Робоча документація*» містить робочі креслення, кошторисну документацію, відомості обсягів будівельних і монтажних робіт, потребу в матеріалах, збірники специфікацій обладнання та ін.

Вартість спорудження визначають за кошторисними нормативами, преїскурантами та вартісними показниками

аналогічних об'єктів. Проекти і кошториси на спорудження великих об'єктів до затвердження підлягають експертизі відповідними органами.

При проектуванні різних споруд отримують декілька варіантів, які однаково задовольняють вимоги технічного завдання та можуть конкурувати один з одним [2].

ТЕМА 8. Основи організації спорудження об'єктів залізничної інфраструктури та порядок приймання їх в експлуатацію

8.1 Основи організації та планування об'єктів залізничної інфраструктури

Будівництво об'єктів залізничної інфраструктури здійснюється не на обмеженій території, а по трасі, що витягнута в довжину на багато тисяч кілометрів. Крім того, будівництво проводиться в умовах бездоріжжя, що ускладнює доставку матеріалів та обладнання. Особливістю будівництва залізниць є різноманітність об'єктів залізничної інфраструктури, які споруджуються.

Складність і специфіка будівництва об'єктів залізничної інфраструктури вимагає високої організації всього процесу, чітко продуманого плану підготовчих заходів та основних робіт, раціонального розподілу роботи між будівельними підрозділами, своєчасного подавання різних конструкцій, будівельних машин і механізмів. Зазначені вище особливості потребують для реалізації проекту створення команди проекту, яка має забезпечити своєчасне та якісне виконання робіт учасниками проекту [9].

Учасники проекту (рисунок 8.1) реалізують різні інтереси у процесі здійснення проекту, формують власні вимоги та впливають на проект, виходячи зі своїх інтересів, компетенції та ступеня залучення до проекту.

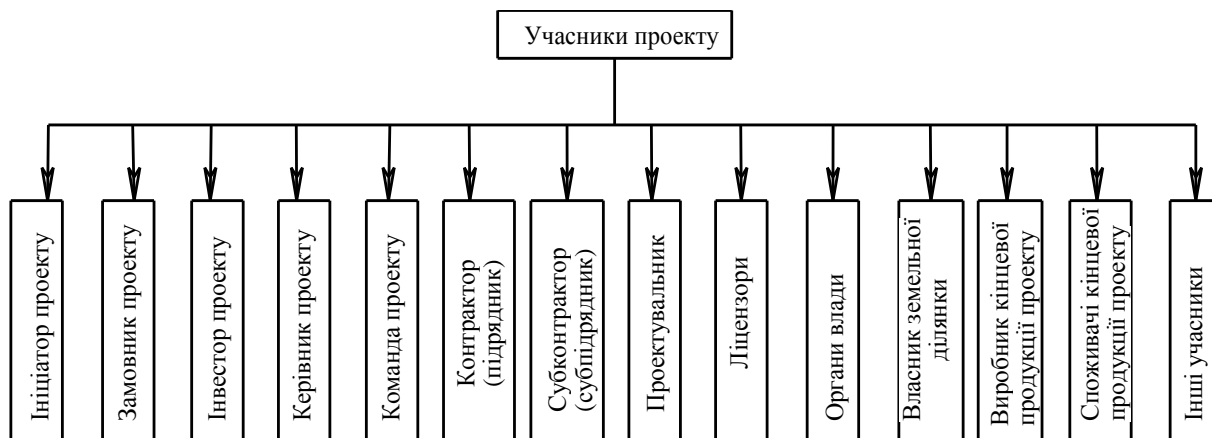


Рисунок 8.1 – Учасники проекту

Ініціатор – сторона, яка є автором ідеї проекту, його попереднього обґрунтування та пропозицій зі здійснення. Ініціатором може виступати кожний з учасників проекту.

Замовник – головна сторона, зацікавлена у здійсненні проекту і досягненні його результатів. Замовник визначає основні вимоги та масштаб проекту, забезпечує фінансування проекту за рахунок своїх коштів чи коштів залучених інвесторів, укладає контракти з головними виконавцями проекту, керує процесом взаємодії між усіма учасниками проекту.

Інвестор(и) – сторона(и), що вкладає інвестиції у проект. Якщо інвестор і замовник не одна й та сама особа, то інвесторами зазвичай виступають банки, інвестиційні фонди та інші організації. Інвестори вступають у ділові відносини з замовником, контролюють виконання контрактів і здійснюють розрахунки з іншими сторонами по мірі виконання проекту. Інвестори є повноправними партнерами проекту і співвласниками всього майна, яке залучається за рахунок їх інвестицій, доки їм не буде повернуто всі кошти, отримані за контрактом із замовником чи за кредитною угодою.

Керівник проекту – юридична (фізична) особа, якій замовник та інвестор делегують повноваження щодо здійснення проекту – планування, контролю та координації робіт усіх учасників проекту. До керівника проекту і його команди висувається завдання управління та координації робіт впродовж усього життєвого циклу проекту до досягнення визначених у

ньому цілей і результатів при додержанні встановлених термінів, бюджету і якості.

Команда проекту – специфічна організаційна структура, яку очолює керівник проекту і створена на період здійснення проекту. Завдання команди – виконання функцій управління проектом для ефективного досягнення цілей проекту. Склад команди повинен забезпечувати високий професійний рівень усіх покладених на нього обов’язків.

Контрактор (генеральний контрактор) – сторона чи учасник проекту, що вступає у відносини з замовником і бере на себе обов’язок за виконання робіт за контрактом (це може бути увесь проект чи його частина). До функцій контрактора належать укладання контракту з замовником (інвестором), добір та укладання угод із субконтракторами, забезпечення координації їх робіт і прийняття виконаного обсягу, оплата праці співвиконавців. Контрактором може виступати керівник проекту чи інші активні учасники проекту.

Субконтрактор вступає в договірні відносини з контрактором чи субконтрактором більш високого рівня. Несе відповідальність за виконання робіт чи послуг відповідно до умов контракту.

Проектувальник – юридична особа, що виконує за контрактом проектно-дослідницькі роботи в межах проекту. Вступає в договірні відносини з генконтрактором проекту чи безпосередньо з замовником.

Постачальники – субконтрактори, які здійснюють різні види поставок на контрактній основі.

Ліцензори – організації, що виділяють ліцензії на право володіння земельною ділянкою, проведення торгів, виконання окремих видів робіт і послуг та ін.

Органи влади – сторона, що задовольняє свої інтереси шляхом отримання податків від учасників проекту, висуває та підтримує екологічні, соціальні та інші суспільні державні вимоги, пов’язані з реалізацією проекту.

Власник земельної ділянки – юридична (фізична) особа, яка є власником земельної ділянки, залученої до проекту. Вступає у відносини з замовником і передає на договірній основі право користування цією ділянкою землі.

Інші учасники проекту – конкуренти основних учасників проекту; громадські групи та населення, чий інтерес зачіпає реалізація проекту; спонсори проекту; різні консалтингові, юридичні організації, залучені до процесу здійснення проекту та ін. [9].

На рівні АТ «Укрзалізниця» функціонує Управління будівельно-монтажних робіт і цивільних споруд. Основні організації, які виконують функції генерального контрактора (підрядника) – територіальні будівельно-монтажні організації, що працюють у певному районі, на одній або декількох залізницях. Звичайно організація виконує загальнобудівельні роботи, а спеціальні роботи доручає субконтракторам (субпідрядникам) – спеціалізованим пересувним підрозділам, які споруджують земляне полотно, штучні споруди, монтують пристрої зв'язку та СЦБ, електропостачання та ін. До них належать такі спеціальні формування, як механізовані колони з будівництва земляного полотна, будівельно-монтажні, електромонтажні та інші підрозділи.

До початку будівництва необхідно затвердити проектні завдання та кошторисно-фінансовий розрахунок, розроблені робочі креслення, специфікації устаткування, вирішити питання забезпечення будівництва матеріалами, конструкціями, визначити будівельні організації та ін. Також має бути відведена територія для будівництва, виконання робіт щодо примикання під'їзних колій, постачання електроенергії, переселення осіб та організацій, які розташовані на території будівництва, та ін. Об'єкт будівництва заноситься до титульного списку, який після затвердження потрапляє до будівельного банку і стає основою для фінансування будівництва.

8.2 Послідовність розроблення проектів об'єктів залізничної інфраструктури

При проектуванні об'єктів залізничної інфраструктури вирішуються завдання з розроблення комплексного проекту будівництва нових станцій (вузлів) або реконструкції існуючих. Проект складається з таких елементів: колійного розвитку, локомотивного, вагонного, вантажного, пасажирського

господарств, пристроїв СЦБ, господарств електро-, водопостачання та ін. У проекті знаходять відображення питання організації руху на напрямках примикання; екіпірування та ремонту локомотивів; технічного обслуговування вагонів; навантажувально-розвантажувальних робіт; охорони праці.

Об'єкти залізничної інфраструктури проектують у відповідності з потрібною пропускною та переробною спроможністю на розрахункові терміни з урахуванням перспективи їх подальшого розвитку. При цьому враховують технічну оснащеність лінії, а також рельєф місцевості, щільність забудови на станції та навколо неї, взаємодію з іншими видами транспорту.

Для прийняття найбільш економічного рішення розробляється декілька варіантів будівництва або перебудови об'єктів залізничної інфраструктури з урахуванням мінімальних експлуатаційних витрат, дотримання норм і правил будівництва, охорони навколишнього середовища. Кожний варіант відповідає прогресивній технології роботи майбутнього об'єкта залізничної інфраструктури.

Проектування об'єктів залізничної інфраструктури має такі етапи:

- генеральні плани будівництва (реконструкції) об'єкта;
- проект будівництва (реконструкції) об'єкта;
- робоча документація на будівництво (реконструкцію) об'єкта.

Кожний із зазначених етапів проектування містить основні частини проекту: пояснювальну записку з розрахунковими даними, описом і обґрунтуванням рішень, що приймаються; креслення, що характеризують прийняті рішення.

У генеральних планах наводяться загальні рішення в масштабах 1:5000, 1:10000, 1:25000 креслень планів об'єктів залізничної інфраструктури з нанесенням взаємного розташування окремих залізничних пристроїв і довколишньої забудови.

У складі проектів будівництва (реконструкції) об'єктів залізничної інфраструктури проводиться розроблення в більш докладному масштабі (1:500, 1:1000, 1:2000) планів станцій, а також окремих її елементів і споруд.

У робочій документації, крім масштабних креслень загальних пристроїв і господарств, детальні креслення окремих елементів кожного пристрою розробляють у більш крупному масштабі.

Проектування об'єктів залізничної інфраструктури виконується на підставі завдань у такому порядку [2, б]:

- визначаються вихідні дані для проектування. Основними вихідними даними для проектування об'єктів залізничної інфраструктури є економічні дані. Економічні дані отримують на 5-й і 10-й роки експлуатації, а для крупних об'єктів на – 15-20 рік. Крім того, ураховують дані про розміри місцевої роботи об'єктів залізничної інфраструктури з навантаження-вивантаження вантажів і відправлення пасажирів, а також транзитних пасажирських і вантажних перевезень;

- розробляються немасштабні схеми варіантів будівництва об'єктів; після порівняння та визначення переваг кожного для подальшого детального проектування обираються два-три варіанти;

- по кожному з залишених варіантів проводиться розрахунок переробної та пропускної спроможності основних технічних пристроїв (кількості колій у кожному парку, навантажувально-розвантажувальних фронтів, пристроїв локомотивного господарства, колієпровідних розв'язок, пристроїв енергозабезпечення та електрифікації);

- розробляються масштабні плани об'єктів і їх взаємного розміщення в ув'язці з максимально можливим застосуванням типових схем об'єктів залізничної інфраструктури;

- визначаються обсяги робіт по кожному виду пристроїв;

- розраховуються капітальні вкладення та експлуатаційні витрати по кожному з варіантів, проводиться вибір оптимального варіанта за приведеними витратами або терміном окупності;

- розробляється проектна документація по кожному виду господарств за прийнятим варіантом будівництва (реконструкції) об'єкта залізничної інфраструктури;

- проект затверджується після перевірки експертизою правильності прийнятих проектувальниками рішень і кошторисної вартості;

– розробляється робоча документація, а об'єкт включається до плану будівництва.

Розроблення проектно-кошторисної документації з проектування об'єктів залізничної інфраструктури виконується спеціалізованими проектно-вишукувальними інститутами об'єктів транспорту, а також проектно-вишукувальним інститутом АТ «Укрзалізниця», які відповідають за своєчасність і якість розроблення проекту.

У якості замовника з проектування станцій і вузлів виступають підрозділи АТ «Укрзалізниця» (Головне управління перевезень, управління залізниць), а також інші міністерства та відомства при проектуванні об'єктів промислового залізничного транспорту.

Замовник розробляє, затверджує та видає завдання на проектування з основними вимогами та вихідними даними, розглядає та затверджує розроблену проектними організаціями проектно-кошторисну документацію, фінансує розроблення проекту і будівництво об'єкта.

Головний інженер проекту здійснює авторський нагляд за дотриманням прийнятих у проекті рішень, якістю будівельних робіт під час будівництва.

Проектування нових і реконструкція існуючих об'єктів залізничної інфраструктури виконується у дві стадії: проект і робоча документація. Для об'єктів, будівництво яких передбачається виконувати за типовими проектами, а також для нескладних об'єктів, обидві стадії об'єднують в одну – техноробочий проект.

До складу проекту будівництва об'єкта залізничної інфраструктури входять [2, 6]:

- креслення схеми вузла у масштабі 1:10000 або 1:5000, плани станцій у масштабі 1:2000, плани розв'язок підходів у масштабі 1:2000 або 1:5000, а також поздовжні профілі головних колій;

- креслення споруд і пристроїв, необхідних для обґрунтування проектних рішень і визначення кошторисної вартості;

- пояснювальна записка, що включає характеристику наявних пристроїв вузла (станції) і їхні недоліки, економічні дані,

розрахунки розмірів роботи і необхідної потужності пристроїв, стисле викладення проектних рішень, техніко-економічні показники проекту; проект організації будівництва та кошторис.

Будівництво проводиться за робочою документацією, яку складають на підставі затвердженого проекту для всього комплексу пристроїв, що проектуються, з прив'язкою типових проектів до місцевих умов. При робочому проектуванні складають відомості обсягів будівельних і монтажних робіт і кошториси по окремих об'єктах і видах робіт.

Проекти спорудження нових і розвитку існуючих об'єктів залізничного транспорту складають і здійснюють комплексно по всіх видах залізничного господарства згідно з діючими нормами та правилами їх проектування.

Поточний метод будівництва, який здійснюється відповідно до розроблених *сітьових графіків*, забезпечує ритмічність будівельних робіт, здачу залізничної ліній в експлуатацію у встановлені терміни, запобігає непродуктивним простоям робочої сили та механізмів.

8.3 Порядок приймання в експлуатацію проектів об'єктів залізничної інфраструктури

Порядок приймання в експлуатацію об'єктів залізничної інфраструктури встановлений «Положенням про порядок прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів залізничного транспорту і метрополітенів» [4]. Відповідно до цього Положення для приймання в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів залізничної інфраструктури органами, що затвердили проектно-кошторисну документацію, призначається державна приймальна комісія.

До складу державної приймальної комісії входять представники замовника (забудовника), експлуатаційної організації, генерального контрактора (підрядника), генерального проектувальника, органів Державного санітарно-епідеміологічного нагляду на залізничному транспорті, органів Державного пожежного нагляду на залізничному транспорті, Державної екологічної інспекції та органів охорони праці на залізничному транспорті, органів ефективного використання

паливно-енергетичних ресурсів, органів виконавчої влади та місцевого самоврядування, на території яких розташовано побудовані об'єкти.

Для пред'явлення об'єктів залізничної інфраструктури державним приймальним комісіям створюються робочі приймальні комісії, які призначаються замовником (забудовником) і перевіряють [2, 4]:

- відповідність об'єктів і змонтованого устаткування проектам;
- відповідність виконання будівельно-монтажних робіт обов'язковим вимогам будівельних норм;
- результати комплексного випробування устаткування;
- підготовленість об'єктів до експлуатації;
- виконання заходів щодо забезпечення безпечних умов праці й виробничої санітарії, захисту довкілля, пожежної і радіаційної безпеки.

Прийняття робочими комісіями об'єктів оформляється відповідними актами, які передають на розгляд державній приймальній комісії.

До складу робочої комісії включаються представники замовника (забудовника), генерального контрактора (підрядника), субпідрядних організацій, експлуатаційної організації, генерального проектувальника, органів Державного санітарно-епідеміологічного нагляду на залізничному транспорті, органів воєнізованої пожежної охорони АТ «Укрзалізниця», Державної екологічної інспекції та Держнагляду охорони праці на залізничному транспорті, Державної інспекції з енергозбереження (на підконтрольних об'єктах), представників профспілкових організацій замовника або експлуатаційної організації.

Генеральний контрактор (підрядник) і замовник подають робочим комісіям таку документацію [2, 4]:

- перелік організацій, які брали участь у виконанні будівельно-монтажних робіт із зазначенням видів виконаних ними робіт і прізвищ інженерно-технічних працівників, відповідальних за їх виконання;

- комплект робочих креслень, за якими здійснювалося будівництво об'єкта, що приймається, з внесеними до них у процесі будівництва змінами в установленому порядку;

- документи, що свідчать про якість матеріалів, конструкцій і виробів, які застосовувалися при виконанні будівельно-монтажних робіт;

- акти на приховані роботи й акти про проміжне прийняття окремих відповідальних конструкцій;

- акти про випробування змонтованого устаткування;

- акти про випробування внутрішніх і зовнішніх електроустановок і електромереж;

- акти про випробування обладнання телефонізації, радіофікації, телебачення, сигналізації і автоматизації;

- акти про випробування обладнання пожежобезпеки, вибухобезпеки, громовідводу;

- акти радіаційного обстеження об'єкта;

- акти про виконання протисейсмічних заходів, передбачених проектом для будівництва в сейсмічних районах;

- акти про виконання заходів при будівництві на територіях з ґрунтами, що просідають, підземними виробками, карстами;

- журнали виконання робіт, авторського нагляду, матеріалів перевірок органами державного нагляду в процесі будівництва.

Замовник (забудовник) подає державним приймальним комісіям таку документацію [2, 4]:

- довідку про усунення недоробок, виявлених робочими комісіями;

- затверджену проектно-кошторисну документацію та довідку про основні техніко-економічні показники об'єкта, що приймається в експлуатацію;

- перелік проектних, наукових та інших організацій, які брали участь у проектуванні об'єкта, що приймається в експлуатацію;

- документи на відведення земельних ділянок, дозвіл органів державного архітектурно-будівельного контролю на виконання будівельно-монтажних робіт;

- документи на геодезичну розбивну основу для будівництва, документи на геодезичні роботи в процесі будівництва, які виконані замовником;

- документи про геологію та гідрогеологію будівельного майданчика, про результати випробувань ґрунту та аналізу ґрунтових вод;

- геодезичну схему фактичного розташування інженерних мереж;

- паспорти на устаткування та механізми;

- акти на прийняття будівель, споруд і приміщень, змонтованого устаткування, складені робочими комісіями;

- довідки місцевих і залізничних експлуатаційних організацій про те, що зовнішні комунікації холодного й гарячого водопостачання, каналізації, тепlopостачання, газопостачання, енергопостачання та зв'язку забезпечують нормальну експлуатацію об'єкта і прийняті ними на обслуговування;

- довідку про відповідність потужностей, що вводяться (для початкового періоду освоєння проектних потужностей), тим потужностям, які передбачені проектом;

- довідку про фактичну вартість будівництва, підписану замовником і підрядником;

- узагальнені матеріали з висновком робочої комісії про готовність об'єкта до прийняття в експлуатацію державною приймальною комісією.

За результатами ознайомлення з цією документацією та огляду споруд на місці державна приймальна комісія [2, 4]:

- складає акт прийняття об'єкта в експлуатацію, у якому наголошуються дані про виконання постанов уряду та рішень відповідних організацій з будівництва об'єкта, що приймається;

- наводить перелік і короткий технічний опис прийнятих споруд з наданням їхніх техніко-економічних показників, дані про затвердження проектів і кошторисів і їхню якість, про відповідність проведених робіт затвердженим проектам і робочим кресленням;

- дає оцінку якості виконаних робіт і встановленого устаткування, а також наводить перелік виявлених недоліків, що не перешкоджають введенню об'єкта в експлуатацію, зі встановленням термінів і кошторисної вартості усунення недоробок і недоліків.

Державна приймальна комісія має право відмовити в прийманні об'єктів залізничної інфраструктури в експлуатацію

при незадовільній якості робіт і невідповідності їх затвердженим проектам.

Прийняття державними приймальними комісіями закінчених будівництвом об'єктів в експлуатацію оформляється відповідним актом, який подається на затвердження органами, що призначили комісію.

ТЕМА 9. Оцінювання проектів будівництва об'єктів залізничної інфраструктури

9.1 Загальні принципи порівняння варіантів проектів об'єктів залізничної інфраструктури

При проектуванні об'єктів залізничної інфраструктури розробляються декілька варіантів, які є рівноцінними при вирішенні поставлених перед проектом завдань, відповідають будівельним нормам, однаковою мірою обстежені та технічно опрацьовані.

Розрізняють варіанти:

- *основні* – з суттєво різними напрямками траси, різними значеннями керівного ухилу, типами роздільних пунктів, корисної довжини приймально-відправних колій на перспективу, різними рішеннями перетину значних водних перешкод;

- *місцеві* – з різним положенням траси на окремих ділянках (різні радіуси кривої в плані, більша або менша глибина виїмки, типи малих водопропускних споруд).

Найкраще рішення вибирають порівнянням варіантів за *вартісними (грошовими), якісними та натуральними* показниками.

До *вартісних* показників належать:

- капіталовкладення (будівельна вартість, вартість рухомого складу);

- експлуатаційні витрати і доходи від перевезень.

До *якісних і натуральних* показників належать:

- продуктивність праці;

- забезпеченість перевізного процесу кадрами та паливно-енергетичними ресурсами;

- терміни доставки вантажів і пасажирів;
- ступінь зручності обслуговування пасажирів і вантажних районів;
- ступінь задоволення транспортних потреб населення та промислових підприємств;
- рівень забезпечення безпеки руху поїздів і маневрової роботи, безпеки пасажирів та обслуговуючого персоналу;
- рівень впливу на довкілля при будівництві та експлуатації;
- резерв пропускної та переробної спроможностей;
- рівень забезпечення містобудівних вимог;
- рівень механізації будівництва та експлуатації;
- потреба в трудових ресурсах і будівельних матеріалах;
- можливість використання для будівництва існуючої індустріальної бази;
- умови і терміни будівництва;
- можливість подальшого розвитку.

Якість проекту, який буде прийнято до реалізації, залежить від повноти розгляду різних варіантів цього проекту. При цьому покращення варіантів проекту може досягатися за рахунок:

- зменшення первинних капітальних вкладень і вартості будівельно-монтажних робіт;
- скорочення термінів будівництва;
- зниження матеріальних і трудових ресурсів;
- зменшення шкідливого впливу на довкілля;
- зменшення поточних витрат виробництва;
- покращення соціального забезпечення працівників.

При порівнянні варіантів слід дотримуватися того, щоб вихідна інформаційна база, точність і методи визначення вартісних і натуральних показників були однаковими. Крім того, темп інфляції для однойменних ресурсів повинен прийматися однаковим для всіх варіантів. Варіанти, що порівнюються, повинні мати однакову ступінь деталізації [8, 9].

9.2 Структура витрат проекту

Витрати за проектом поділяються на інвестиційні та поточні.

До *інвестиційних* витрат належать витрати на інвестиції до основного капіталу – придбання землі, будівництво приміщень і

споруд, купівля або оренда технологій та обладнання; передвиробничі витрати і потреби в обіговому капіталі.

Поточні витрати – витрати на випуск продукції, що містять витрати на придбання сировини, основних і допоміжних матеріалів, оплату праці, загальновиробничі та накладні витрати. Класифікація поточних витрат за видами виробничих факторів наведена на рисунку 9.1.

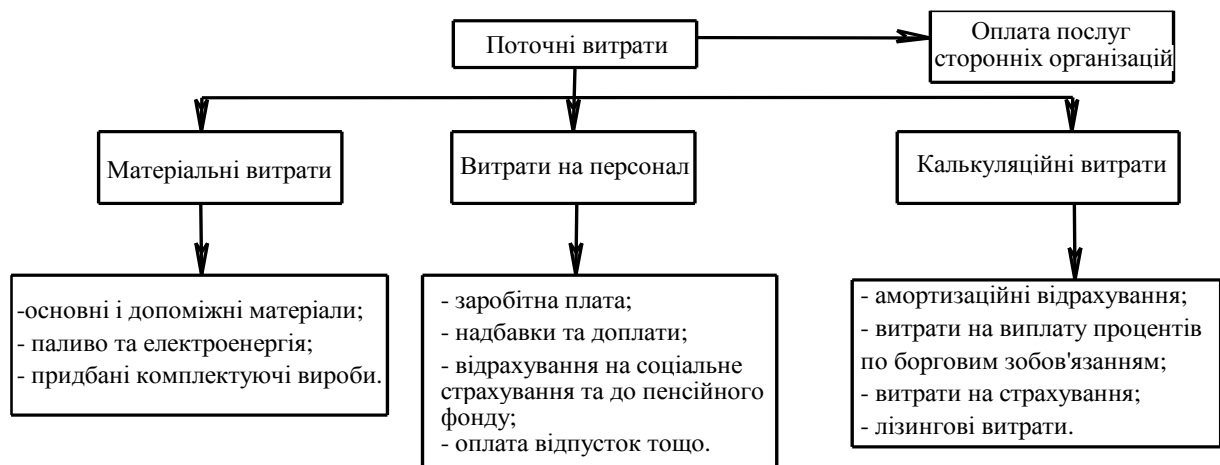


Рисунок 9.1 – Структура поточних витрат

Поточні витрати поділяють на прямі та непрямі залежно від можливості віднесення витрат безпосередньо на одиницю продукції; змінні та постійні залежно від зміни витрат пропорційно обсягу виробництва.

Непрямі витрати поділяються:

- на експлуатаційні – витрати на експлуатацію обладнання, паливо, енергію, допоміжний персонал тощо;
- адміністративно-побутові – витрати на утримання персоналу, рекламу тощо.

9.3 Методи оцінювання ефективності проектів об'єктів залізничної інфраструктури

Для оцінювання ефективності проектів застосовуються дві групи методів:

- формальні – використовують математичний апарат для розрахунку показників ефективності;
- неформальні – використовують евристичні підходи.

Ефективність проекту характеризується системою показників, які виражають співвідношення вигод і витрат проекту з погляду його учасників.

Виділяють такі показники ефективності проектів:

- комерційна ефективність – враховує фінансові наслідки реалізації проекту для його безпосередніх учасників;
- економічна ефективність – враховує народногосподарські витрати і вигоди проекту, включаючи оцінювання екологічних і соціальних наслідків, і допускає грошовий вимір;
- бюджетна ефективність – відображує фінансові наслідки здійснення проекту для державного та місцевого бюджету.

Для оцінювання ефективності проектів використовуються показники, які дають можливість розрахувати значення критеріїв ефективності враховуючи комплексне оцінювання вигод і витрат, зміну вартості грошей у часі та інші фактори.

Вибір конкретного критерію для судження про фінансову та економічну допустимість проекту залежить від різних факторів.

Сукупний економічний ефект визначається за весь життєвий цикл проекту. При цьому за розрахунковий рік може бути прийнятий як останній рік життєвого циклу проекту, так і його перший рік.

У першому випадку прямий економічний ефект, отриманий у кожному році життєвого циклу, приводиться до його останнього року. Такий процес має назву – *коумпандування*. Приведення результатів і витрат економічного ефекту різних років розрахункового періоду до останнього року здійснюється шляхом множення їх величини за кожний рік на коефіцієнт приведення, який розраховується як

$$\alpha_t^k = (1 + E_{HP})^{t_p - t}, \quad (9.1)$$

де α_t^k – коефіцієнт приведення результатів і витрат року t життєвого циклу проекту до останнього року розрахункового періоду.

У другому випадку прямий економічний ефект, отриманий у кожному році життєвого циклу проекту, приводиться до його

першого року – *дисконтування*. Сукупний економічний ефект за весь життєвий цикл проекту визначається за умови, що він оцінюється в сьогоденній вартості грошей.

$$\alpha_t^d = \frac{1}{(1 + E_{\text{НП}})^{t-t_p}}, \quad (9.2)$$

де α_t^d – коефіцієнт приведення результатів і витрат року t життєвого циклу проекту до першого року розрахункового періоду;

$E_{\text{НП}}$ – річний норматив приведення результатів і витрат різних років до розрахункового періоду (річна ставка банків за депозитними вкладками);

t_p – порядковий номер останнього року розрахункового періоду;

t – порядковий номер року життєвого циклу проекту, що приводиться до розрахункового останнього року.

На величину економічного ефекту, що визначається за життєвий цикл проекту, впливає рівень інфляції і ступінь можливого ризику його здійснення. Ці фактори слід враховувати при визначенні коефіцієнта приведення. При цьому формули (9.1) і (9.2) набувають вигляду

$$\alpha_t^k = \left(\frac{1 + E_{\text{НП}}}{1 + I + R} \right)^{t_p - t}, \quad (9.3)$$

$$\alpha_t^d = \frac{1}{[(1 + E_{\text{НП}})(1 + I + R)]^{t - t_p}}, \quad (9.4)$$

де I – очікуваний середньорічний темп інфляції протягом життєвого циклу проекту, частки одиниці;

R – ставка, що враховує ступінь ризику здійснення проекту, частки одиниці.

При високому ступені ризику ставка, що враховує виправлення на ризик, приймається в розмірі $R = 0,04 \div 0,06$, при

середньому ступені ризику $R = 0,01 \div 0,03$, за відсутності ризику $R = 0$ [8, 9].

9.4 Критерії порівняння проектів

Критерій «*термін окупності*» показує, за який період часу проект відшкодує свої витрати. Якщо проект функціонує більше року, то завжди необхідно враховувати дисконтування через зміну цінності майбутніх грошей. На практиці досить часто використовують «простий» термін окупності, який не передбачає дисконтування майбутніх витрат чи вигод.

Порівняння двох варіантів з одноетапними капітальними вкладеннями та поточними експлуатаційними витратами за «*термін окупності*» :

$$T_p = \frac{K_1 - K_2}{E_2 - E_1} \leq T_H, \quad (9.5)$$

де K_1, K_2 – капітальні вкладення за варіантами;

E_1, E_2 – експлуатаційні витрати за варіантами;

T_H – нормативний термін окупності для об'єктів залізничного транспорту ($T_H = 10$ років – для варіантів з посилення пропускної спроможності, $T_H = 6$ років – для комп'ютерних технологій, $T_H = 8$ років – для інших варіантів).

Порівняння двох варіантів з одноетапними капітальними вкладеннями та поточними експлуатаційними витратами за розрахунковим коефіцієнтом ефективності додаткових вкладень:

$$E_p = \frac{E_2 - E_1}{K_1 - K_2} \geq E_H, \quad (9.6)$$

де E_H – нормативний коефіцієнт порівняльної ефективності:

$E_H = 0,1$ при $T_H = 10$ років,

$E_H = 0,17$ при $T_H = 6$ років ,

$E_H = 0,12$ при $T_H = 8$ років .

Варіанти дорівнюються за указаними критеріями, якщо $K_1 > K_2$, але $E_1 < E_2$.

Відбір за критерієм «термін окупності» означає, що схвалюють проекти з найменшим терміном окупності або проекти, що укладаються в максимально припустимий термін окупності. Термін встановлюється в роках, місяцях і навіть днях. Оскільки цей критерій прямо пов'язаний з відшкодуванням інвестиційних витрат у найкоротший період часу, він не сприяє проектам, що приносять великі вигоди в більш пізній термін.

Критерій «приведені витрати» використовується при порівнянні двох і більше варіантів з одноетапними капітальними вкладеннями та постійними експлуатаційними витратами і розраховується для кожного варіанта як

$$S_{np} = E_n \cdot K_i + E_i \rightarrow \min . \quad (9.7)$$

Якщо за варіантами передбачається здійснення капітальних вкладень у декілька етапів, то в якості критерію приймається сума приведених капітальних вкладень та експлуатаційних витрат

$$S_{np} = \sum_1^{t_e} \frac{K_t}{(1 + E_{HII})^t} + \sum_1^{t_e} \frac{E_t}{(1 + E_{HII})^t}, \quad (9.8)$$

де K_t , E_t – відповідно капітальні вкладення й експлуатаційні витрати у відповідному році;

$\frac{1}{(1 + E_{HII})^t}$ – коефіцієнт приведення;

E_{HII} – річний норматив приведення результатів і витрат різних років до розрахункового періоду (річна ставка банків за депозитними вкладками).

Критерій «сумарний економічний ефект» використовується для порівняння заходів, спрямованих на прискорення науково-технічного прогресу. Він визначається за розрахунковий період як

$$E_t = \sum_{t=1}^{t_K} (P_t - Z_t) \cdot \alpha_t, \quad (9.9)$$

де P_t – вартісна оцінка результатів;

Z_t – витрати на реалізацію заходів.

У якості початкового року розрахункового періоду приймається рік початку фінансування робіт. Кінцевий рік розрахункового періоду визначається моментом завершення життєвого циклу проекту.

Результати і витрати за варіантами визначаються як

$$P_t = \sum_I^{t_K} A_t \cdot B_t \cdot C_t \cdot \alpha_t, \quad (9.10)$$

$$Z_t = \sum_I^{t_K} (I_t + K_t - L_t) \cdot \alpha_t, \quad (9.11)$$

де A_t – кількість застосованих засобів праці;

B_t – продуктивність застосованих засобів праці;

C_t – ціна одиниці послуг або продукції;

I_t – річні поточні витрати при виробництві або експлуатації розглянутих засобів праці;

K_t – одночасні капітальні вкладення в році t ;

L_t – залишкова (ліквідна) вартість змінюваних у році t виробів;

α_t – коефіцієнт приведення результатів і витрат року t життєвого циклу проекту до розрахункового року розрахункового періоду.

Альтернативні критерії. Одним із основних показників проекту є чистий дисконтований прибуток (ЧДП), що визначається як сума поточних ефектів за весь розрахунковий період, приведений до початкового кроку, або як перевищення інтегральних результатів над інтегральними витратами:

$$E_{\text{инт}} = ЧДП = \sum_{t=0}^T \frac{P_t - Z_t}{(1 + E)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{K_t}{(1 + E)^t} \quad (9.12)$$

де P_t – результати, що досягаються на t -му кроці розрахунку;

Z_t – поточні витрати на t -му кроці розрахунку;

K_t – капіталовкладення на t -му кроці розрахунку;

T – горизонт розрахунку;

E – норма дисконту.

Проект приймається, якщо $ЧДП$ більше або дорівнює нулю для незалежних проектів. Тобто дисконтовані вигоди мають бути рівними або перевищувати дисконтовані витрати. Якщо розглядаються взаємовиключні проекти, то перевагу слід надати проекту з більшим $ЧДП$.

Наступним альтернативним критерієм оцінювання проекту є індекс прибутковості (I_{Π})

$$I_{\Pi} = \frac{1}{K_t} \cdot \sum_{t=0}^T \frac{P_t - Z_t}{(1 + E)^t}. \quad (9.13)$$

Проект вважається ефективним, якщо $I_{\Pi} < 1$ та неефективним, якщо $I_{\Pi} > 1$.

Ще одним із альтернативних критеріїв оцінювання проектів є внутрішня норма прибутковості ($ВНП$), яка дорівнює приведеним капіталовкладенням

$$\sum_{t=0}^T \frac{P_t - \mathcal{E}_t}{(1 + E_{\text{вн}})^t} = \sum_{t=0}^T \frac{K_t}{(1 + E_{\text{вн}})^t}. \quad (9.14)$$

Рішенням даного рівняння є $E_{\text{вн}}$ – внутрішня норма прибутковості ($ВНП$).

У випадку, коли $ВНП$ дорівнює (або більше) необхідній інвесторам нормі прибутку на капітал, інвестиції в даний об'єкт виправдані. У протилежному випадку інвестиції в даний проект недоцільні.

Останній альтернативний критерій – термін окупності інвестицій (T), тобто це період часу від початку реалізації проекту, за межами якого інтегральний ефект стає позитивним. Для визначення терміну окупності інвестицій використовується рівність

$$\sum_{t=0}^T \frac{P_t - Z_t}{(1 + E)^t} = \sum_{t=0}^T \frac{K_t}{(1 + E)^t}. \quad (9.15)$$

Порівняння різночасних показників здійснюється шляхом приведення їх до початкового періоду (моменту часу $i=0$). Для приведення різночасних витрат, результатів і ефектів використовується норма дисконту (E), яка дорівнює припустимій для інвесторів нормі прибутку на інвестиції [8, 9].

ТЕМА 10. Моделі сітьового планування та управління

10.1 Основні поняття сітьового планування

Комплекс робіт у межах сітьового графіка передбачає досягнення поставлених цілей. Якщо планування спрямоване на досягнення однієї мети (наприклад будівництво нового роздільного пункту в межах залізничного вузла), то відповідно сітьова модель називається одноцільовою. Якщо є декілька цілей, то модель багатоцільова. У подальшому будемо розглядати методи сітьового планування для одноцільових моделей [8, 9].

Сітьова модель, або графік – наглядне графічне зображення комплексу операцій, реалізація яких призводить до досягнення поставленої мети.

У сітьових моделях відображують не тільки операції, які складають даний комплекс, але й ті зв'язки (технологічні, логістичні та ін.), які між ними існують. Кожний комплекс робіт з проектування об'єктів залізничної інфраструктури може бути поділено на окремі елементи, які називають *роботами*.

Як приклад, будівництво роздільного пункту можна умовно поділити на підготовку земельної ділянки під будівництво, будівництво поздовжнього профілю, верхньої будови колії

(безпосередньо колійного розвитку), спорудження відповідних пристроїв і споруд, що забезпечать роботу роздільного пункту.

Робота – це конкретний етап процесу з виконання певної операції, що вимагає витрат часу та ресурсів.

Роботами вважаються і процеси, які не потребують витрат часу і ресурсів, а встановлюють залежність виконання робіт. Такі роботи називаються *фіктивними*.

Робота позначається парою чисел (i, j) , де i – номер події, яка є початковою для даної роботи, j – номер події, яка є кінцевою для даної роботи, до якої вона входить. Робота не може початися раніше, ніж здійсниться подія, що є для неї початковою. Кожна робота має свою *тривалість* $t_{i,j}$. Роботи у графічному зображенні позначають дугами (стрілками), фіктивні роботи – пунктирними дугами (стрілками).

Тривалість роботи – відрізок часу, необхідний для виконання певної роботи за наявності для цього ресурсів. Тривалість кожної роботи встановлюється виконавцями робіт відповідної сфери. Після того як тривалості всіх робіт визначено, їх вносять до списку робіт.

Подія – початок або завершення однієї або декількох робіт. Подія не має протяжності в часі. Вона відбувається в той момент, коли закінчується остання робота, що входить до неї. На графі події зображуються кружками, усередині яких записується номер події.

У моделях є одна початкова подія (номер 0), одна кінцева або завершальна подія (номер N), проміжні події (номер I).

У графічній інтерпретації сітьової моделі роботи представляються дугами, а події – вершинами графа.

Шлях – ланцюг наступних одна за одною робіт (дуг), що з'єднують початкову та кінцеву його вершини. *Повний шлях* (L) – шлях, початок якого збігається з початковою подією мережі, а кінець – із завершальною. Тривалість шляху визначається сумою тривалостей складових його робіт.

Критичний шлях ($L_{кр}$) – шлях, що має максимальну тривалість. Тривалість критичного шляху позначається $T_{кр}$. Роботи, які належать до критичного шляху, називаються

критичними. Їх несвоєчасне виконання веде до зриву термінів всього комплексу робіт за проектом.

Сітьова модель має задовольняти такі вимоги:

1 Не повинно бути подій з однаковими номерами.

2 Для кожної роботи (i, j) має виконуватися умова $i < j$.

3 Мають існувати тільки одна початкова і одна кінцева події.

4 Мають бути відсутні цикли, тобто замкнені шляхи, що з'єднують подію з нею самою.

При виконанні цих вимог можна приступати до обчислень числових характеристик сітьової моделі. Вихідні числові дані подаються у вигляді таблиці з тривалістю виконання кожної роботи.

Першим кроком при складанні сітьової моделі є розподіл конкретного проектного комплексу на окремі роботи. Поставлене завдання вирішується побудовою ієрархічного структурного графа, на підставі якого з'являються пакети робіт, а на їх основі складаються списки робіт.

Наступним кроком при складанні сітьової моделі є визначення всіх зв'язків, які існують між окремими роботами. На перший план висуваються «технологічні зв'язки»: для кожної роботи необхідно знати, які роботи є для неї попередніми, оскільки результати цих робіт використовуються при виконанні даної роботи. Разом з цим можуть зустрічатися і «нетехнологічні зв'язки», наприклад так звані «ресурсні зв'язки», які виникають не через те, що результати одних робіт необхідні для виконання інших, а через те, що для виконання цих робіт необхідно вивільнити ресурси, зайняті на інших роботах (обладнання, робочу силу та ін.) [8, 9].

Встановлення різних зв'язків може призводити до виділення деякого процесу, який не пов'язаний із витратами праці та ресурсів, але потребує витрат часу. До таких робіт належать різні «очікування». Очікування розглядаються в якості робіт, і для них у переліку також передбачається відповідний час. Після визначення всіх зв'язків для кожної роботи необхідно записати, яким роботам вона передує. Ці дані в списку робіт заповнюються останніми.

Подія не пов'язана з певним відрізком часу. Вона пов'язана з деяким моментом часу та означає, що завершено певну роботу і можна приступити до виконання нових робіт, які технологічно спираються на роботи, завершення яких відмічено даною подією. Таким чином, разом із списком робіт необхідно скласти список подій.

10.2 Характеристика елементів сітьової моделі

При розрахунках для сітьової моделі (рисунок 10.1) визначаються характеристики її елементів (таблиця 10.1)

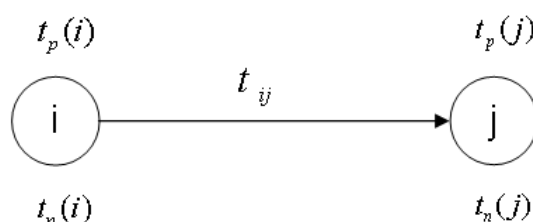


Рисунок 10.1 – Приклад сітьового графіка

Таблиця 10.1 – Характеристика подій

Назва характеристики	Зміст	Формула для розрахунку
Ранній термін здійснення події	Це найменший можливий термін закінчення даної роботи	$t_p(j) = \max_i [t_p(i) + t_{ij}]$
Пізній термін здійснення події	Це максимально допустимий термін здійснення події, який не потребує збільшення часу на здійснення всього проекту	$t_n(i) = \min_j [t_n(j) - t_{ij}]$
Резерв часу шляху L	Це різниця між тривалістю критичного шляху $T_{кр}$ та тривалістю шляху L	$R(L) = T_{кр} - T(L)$

Якщо для події j є декілька ранніх закінчень робіт, то приймається максимальне. Цей показник визначається «прямим ходом» по графу моделі, починаючи з початкової події мережі. Максимальне значення раннього закінчення роботи буде характеризуватися тривалістю критичного шляху $T_{кр}$.

Пізній термін дорівнює різниці пізнього закінчення події j і тривалості наступних робіт. Якщо для події i буде декілька пізніх термінів, то приймається найменший.

Резерв часу $R(L)$ показує, на скільки можуть у сумі бути збільшені тривалості робіт, що належать шляху L , без впливу на термін проекту.

Розрізняють такі резерви часу:

– *повний резерв часу* – кількість часу, на який можна перенести початок робіт або збільшити тривалість без зміни загального терміну проекту

$$PP = R_{II}(i,j) = t_n(j) - t_p(i) - t_{ij}; \quad (10.1)$$

– *вільний резерв часу* – це кількість часу, на який можна перенести початок робіт або збільшити їх тривалість без зміни раннього початку наступних робіт

$$BP = R_B(i,j) = t_p(j) - t_p(i) - t_{ij}; \quad (10.2)$$

– *незалежний резерв часу* – це запас часу, який має виконавець, коли попередні роботи закінчилися в незручний для нього час, а він закінчує свою роботу в ранній термін, не використовуючи резервів наступних за ним робіт

$$HP = R_H(i,j) = t_p(j) - t_n(i) - t_{ij}; \quad (10.3)$$

– *гарантійний резерв часу* – це резерв часу, що має виконавець роботи, коли виконавці попередніх робіт закінчують їх у незручний для нього пізній термін, але при цьому і він виконує свою роботу в пізній термін

$$GP = R_G(i,j) = t_n(j) - t_n(i) - t_{ij}. \quad (10.4)$$

Роботи, що лежать на критичному шляху, не мають резервів часу (таблиця 10.2).

Таблиця 10.2 – Характеристика роботи (i, j)

Назва характеристики	Формула для розрахунку
Ранній термін початку роботи	$t_{pn}(i, j) = t_p(i)$
Ранній термін закінчення роботи	$t_{pz}(i, j) = t_{pn}(i, j) + t_{ij} = t_p(i) + t_{ij}$
Пізній термін початку роботи	$t_{nn}(i, j) = t_n(j) - t_{ij}$
Пізній термін закінчення роботи	$t_{nz}(i, j) = t_n(j)$

Характеристики шляхів:

1 *Тривалість шляху* дорівнює сумі тривалостей складових її робіт.

2 *Резерв часу шляху* дорівнює різниці між довжинами критичного шляху і розглянутого шляху.

У сітьовій моделі можна виділити *критичний шлях*. Критичний шлях $L_{кр}$ складається з робіт (i, j) , у яких повний резерв часу дорівнює нулю: $R_{п}(i, j) = 0$. Резерв часу $R(i)$ усіх подій на критичному шляху дорівнює нулю. Довжина критичного шляху визначає величину найбільш довгого шляху від початкової до кінцевої події проекту і дорівнює $t_{кр} = t_p(N) = t_n(N)$. У проекті може бути декілька критичних шляхів.

3 *Коефіцієнт напруженості робіт* використовується для оцінювання складності своєчасного виконання робіт

$$K_H(i, j) = \frac{(t(L_{max}) - t_{кр})}{(t_{кр} - t'_{кр})} = \frac{1 - R_n(i, j)}{(t_{кр} - t'_{кр})}, \quad (10.5)$$

де $t(L_{max}(i, j))$ – тривалість максимального шляху, що проходить через роботу (i, j) ;

$t'_{кр}$ – тривалість відрізка шляху $L_{max}(i, j)$, що збігається з критичним шляхом.

Коефіцієнт напруженості завжди менше одиниці ($K_H(i, j) < 1$). Чим ближче $K_H(i, j)$ до одиниці, тим складніше виконати дану роботу у встановлений термін. Напруженість критичних робіт визначається рівною $K_H(i, j) = 1$. Всі роботи моделі можуть бути розділені на три групи: напружені –

$K_H(i,j) > 0,8$, надкритичні – $0,6 < K_H(i,j) < 0,8$, резервні – $K_H(i,j) \leq 0,6$.

У результаті перерозподілу ресурсів є можливість максимально зменшити загальну тривалість робіт за проектом.

При встановленні тривалості робіт існує два підходи: детермінований та імовірнісний. При імовірнісному підході для кожної роботи (i,j) використовуються такі оцінки:

– *оптимістичний час* a_{ij} – мінімальна тривалість виконання роботи (i,j) у найбільш сприятливих умовах;

– *песимістичний час* b_{ij} – максимальна тривалість виконання роботи (i,j) у несприятливих умовах.

Тривалість виконання роботи, що має назву *очікувана*, розраховується як

$$t_{ij}^{oc} = \frac{3a_{ij} + 2b_{ij}}{5}. \quad (10.6)$$

В окремих випадках можна визначити *найбільш імовірний час* m_{ij} – час виконання роботи (i,j) у нормальних умовах. У таких випадках очікувана тривалість виконання роботи (i,j) приймається рівною

$$t_{ij}^{oc} = \frac{a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij}}{6}. \quad (10.7)$$

Маючи у своєму розпорядженні зазначені вище оцінки часу виконання роботи за проектом, можна розрахувати загальноприйнятту статистичну міру невизначеності – дисперсію σ_{ij}^2 , або варіацію var_{ij} часу виконання роботи (i,j) :

$$\sigma_{ij}^2 = var_{ij} = \frac{(b_{ij} - a_{ij})^2}{6}. \quad (10.8)$$

10.3 Оптимізація сітьового графіка

Оптимізація сітьового графіка являє собою процес покращення організації виконання комплексу робіт за проектом з урахуванням терміну його виконання. Оптимізація полягає у скороченні довжини критичного шляху та раціональному використанні ресурсів.

У першу чергу вживаються заходи щодо скорочення тривалості робіт, що знаходяться на критичному шляху. Це досягається за рахунок [9, 10]:

- перерозподілу всіх видів ресурсів (часових, трудових, матеріальних, енергетичних);
- скорочення трудомісткості критичних робіт за рахунок передачі частини робіт на інші шляхи, що мають резерви часу;
- паралельного виконання робіт критичного шляху;
- зміни складу робіт і структури мережі.

У процесі скорочення тривалості робіт критичний шлях може змінитися. Подальший процес оптимізації буде спрямовано на скорочення тривалості робіт нового критичного шляху до отримання задовільного результату. В ідеалі довжина будь-якого з повних шляхів може дорівнювати довжині критичного шляху. Тоді всі роботи будуть проводитися з рівною напругою, а термін виконання проекту істотно скоротиться.

Методика оптимізації за критерієм «час-витрати». Метою оптимізації за критерієм «час-витрати» є скорочення часу виконання проекту в цілому. Ця оптимізація має сенс тільки в тому випадку, коли час виконання робіт може бути зменшений за рахунок залучення додаткових ресурсів, що призводить до підвищення витрат на виконання робіт (рисунок 10.2). Для оцінювання величини додаткових витрат, пов'язаних з прискоренням виконання тієї чи іншої роботи, використовуються або нормативи, або дані про виконання аналогічних робіт у минулому.

Параметри робіт $C_H(i, j)$ та $C_{II}(i, j)$ – це прямі витрати, які безпосередньо пов'язані з виконанням конкретної роботи. Непрямі витрати типу адміністративно-управлінських у процесі скорочення тривалості проекту до уваги не беруться, але їх вплив враховується при виборі остаточного плану проекту.

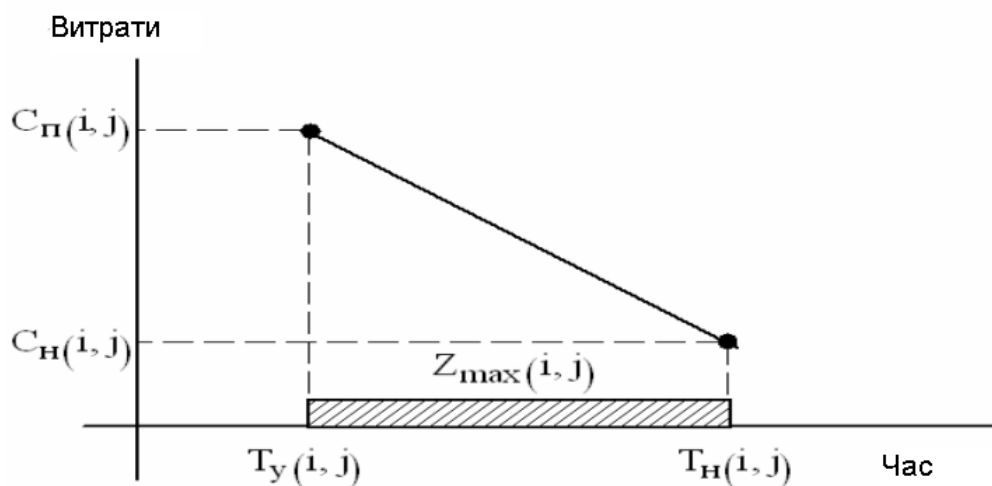


Рисунок 10.2 – Залежність прямих витрат на роботу від часу її виконання

Важливими параметрами роботи (i, j) при проведенні даного виду оптимізації є:

– *коефіцієнт наростання витрат* – витрати грошових коштів, які необхідні для скорочення тривалості роботи (i, j) на один день,

$$k(i, j) = \frac{C_{П}(i, j) - C_{Н}(i, j)}{T_{Н}(i, j) - T_{У}(i, j)}, \quad (10.9)$$

– *запас часу* для скорочення тривалості роботи в поточний момент часу

$$Z_T(i, j) = t_T(i, j) - T_U(i, j), \quad (10.10)$$

де $t_T(i, j)$ – тривалість роботи (i, j) на поточний момент часу;

– *максимально* можливе значення запасу часу роботи

$$Z_{max}(i, j) = T_H(i, j) - T_U(i, j). \quad (10.11)$$

Ця ситуація має місце, коли тривалість роботи (i, j) ще жодного разу не скорочували, тобто $t_T(i, j) = T_H(i, j)$.

Загальна схема проведення оптимізації «час-витрати»:

1 Виходячи з нормальних тривалостей робіт $T_H(i, j)$, визначаються критичні $L_{кр}$ і підкритичні L_n шляхи сітьової моделі та їх тривалості $T_{кр}$ та T_n .

2 Визначається сума прямих витрат на виконання всього проекту C_{np}^0 при нормальній тривалості робіт.

3 Розглядається можливість скорочення тривалості проекту, для чого аналізуються параметри критичних робіт проекту:

а) для скорочення вибирається критична робота з *min* коефіцієнтом наростання витрат $k(i, j)$, що має ненульовий запас часу скорочення $Z_T(i, j)$;

б) час $\Delta t(i, j)$, на який необхідно скоротити тривалість роботи (i, j) , визначається як

$$\Delta t(i, j) = \min [Z_T(i, j), \Delta T], \quad (10.12)$$

де $\Delta T = T_{кр} - T_n$ – різниця між тривалістю критичного і підкритичного шляхів у сітьовій моделі.

Необхідність обліку параметра ΔT викликана недоцільністю скорочення критичного шляху більш, ніж на ΔT одиниць часу. У цьому випадку критичний шлях перестане бути таким, а підкритичний шлях, навпаки, стане критичним, тобто тривалість проекту в цілому принципово не може бути скорочена більше, ніж на ΔT .

4 У результаті скорочення критичної роботи тимчасові параметри сітьової моделі змінюються, що може призвести до появи інших критичних і підкритичних шляхів. Внаслідок подорожчання прискореної роботи загальна вартість проекту збільшується на величину

$$\Delta C_{кр} = k(i, j) \Delta t(i, j). \quad (10.13)$$

5 Для зміненої сітьової моделі визначаються нові критичні та підкритичні шляхи і їхні тривалості, після чого необхідно продовжити оптимізацію з третього кроку. Наявність обмеження в коштах, їх вичерпання є причиною закінчення оптимізації.

Якщо не враховувати подібне обмеження, то оптимізацію можна продовжувати до тих пір, поки в робіт, які могли б бути обрані для скорочення, не буде вичерпаний запас часу скорочення [8, 9].

Розглянута загальна схема оптимізації передбачає наявність одного критичного шляху в сітьовій моделі. У разі існування декількох критичних шляхів необхідно або скорочувати загальну для них усіх роботу, або одночасно скорочувати кілька різних робіт, які належать до різних критичних шляхів. Допускається комбінація цих двох варіантів. У кожному випадку критерієм вибору роботи або робіт для скорочення повинен бути мінімум витрат на їх загальне скорочення.

ТЕМА 11. Управління ризиками в проектах

11.1 Проектні ризики та їх класифікація

У ринковій економіці ризик є невід'ємним атрибутом господарювання. Невизначеність призводить до неможливості уникнення ризику. Планування та реалізація проектів залізничної інфраструктури відбувається в умовах невизначеності, що породжується зміною внутрішнього та зовнішнього середовища. Це призводить до необхідності передбачати ризик, оцінювати його розміри, планувати заходи з його запобігання [8].

Ризик – невизначеність, яка пов'язана з можливістю виникнення при реалізації проекту несприятливих умов, ситуацій і наслідків. Ризик являє собою складну економічно-управлінську категорію, при визначенні якої має місце ряд протиріч.

Управління ризиком – це процес реагування на події та зміни ризиків у процесі виконання проекту. Важливим є проведення моніторингу ризиків. Моніторинг ризиків включає контроль ризиків протягом усього життєвого циклу проекту. Якісний моніторинг ризиків забезпечує управління інформацією, яка допомагає приймати ефективні рішення до настання ризикових подій.

Найбільш розповсюдженою характеристикою ризику є загроза або небезпека виникнення подій у тій чи іншій діяльності, небезпека виникнення несприятливих наслідків, змін

зовнішнього середовища, які можуть викликати втрати ресурсів, збитки, а також небезпеку, від якої слід застрахуватися.

Господарський ризик – загроза, небезпека виникнення збитків у будь-яких видах діяльності, пов'язаних із виробництвом продукції, товарів, послуг і їх реалізацією, товарно-грошовими та фінансовими операціями, комерційною діяльністю, здійсненням соціально-економічних і науково-технічних програм.

При оцінюванні проектів залізничної інфраструктури є види невизначеності та інвестиційних ризиків [8]:

- невизначеність політичної ситуації, ризик несприятливих соціально-політичних змін у країні та регіоні;

- ризик, пов'язаний із нестабільністю економічного законодавства та поточної економічної ситуації, умов інвестування та використання прибутку;

- зовнішньоекономічний ризик (можливість введення обмежень на торгівлю та постачання, закриття кордонів тощо);

- неповнота і неточність інформації про динаміку техніко-економічних показників, параметри нової техніки і технології;

- коливання ринкової кон'юнктури, цін, валютних курсів, невизначеність природно-кліматичних умов, імовірність стихійних лих;

- виробничо-технологічний ризик (аварії, виробничий брак);

- невизначеність цілей, інтересів і поведінки учасників; неповнота і неточність інформації про фінансовий стан і ділові репутації підприємств-учасників (можливість неплатежів, банкрутств, зривів договірних зобов'язань).

Залежно від джерела виникнення ризику поділяють на політичні, господарські та форс-мажорні.

Політичні ризики виникають при зміні державного устрою, зміні уряду, нестабільності політичної влади та неадекватності політичних рішень.

Поява господарських ризиків пов'язана зі зміною податкового законодавства, відсутністю товарів і послуг, наявністю інфляції, змінами цін постачальників, затримками платежів за реалізовану продукцію, недосконалим менеджментом.

До форс-мажорних обставин належать ризики виникнення землетрусів, повені, ураганів та інших стихійних лих; можливість появи міжнародних конфліктів, втрати майна під час пожежі.

При виникненні податкового ризику стає неможливим використання певних податкових пільг, встановлених законодавством.

Під час здійснення проектів, пов'язаних із залізничною інфраструктурою, можуть виникати зміни у вартісному оцінюванні проекту через зміну початкових управлінських рішень, ринкових або політичних обставин. Це *динамічний* ризик, який може призвести як до втрат, так і додаткових доходів.

Ризик втрат реальних активів внаслідок нанесення збитків власності через незадовільну організацію проекту називається *статичним*. Він призводить лише до втрат, тому для зменшення його наслідків необхідно проводити аналіз чутливості проекту.

Аналіз чутливості проекту до виникнення ризику полягає у визначенні фінансових результатів як для базисного варіанта, так і таких екстремальних випадків:

- за найгіршим сценарієм, коли зовнішні фактори максимально заважають здійсненню проекту;
- найкращим сценарієм, коли зовнішні фактори максимально сприяють здійсненню проекту.

Основними причинами виникнення проектних ризиків є [8]:

- помилкова мета, невизначеність ситуації;
- відхилення під час реалізації рішень від цілей, передбачених проектом, внаслідок внутрішнього та зовнішнього впливу;
- імовірність досягнення помилкового результату;
- виникнення несприятливих наслідків під час реалізації проекту;
- очікування безпеки, невдачі, обмеженість ресурсів;
- протиріччя інтересів учасників проекту;
- недостатня кваліфікація персоналу, схильністю до суб'єктивізму, протидія партнерів;
- форс-мажорні обставини (природні, політичні, економічні, технологічні, ринкові та ін.);
- недотримання договірних відносин між учасниками проекту;
- недотримання фінансових зобов'язань через несвоєчасну сплату процентів, податків та інших платежів;
- низька якість продукції, робіт, послуг тощо.

Класифікація ризиків залежно від причин виникнення наведена в таблиці 11.1.

Таблиця 11.1 – Класифікація ризиків

Ознака		Зміст
Зовнішні ризики	Непередбачувані зовнішні	- заходи державного впливу у сфері оподаткування, ціноутворення, землекористування, фінансово-кредитній сфері, охорони навколишнього середовища, вплив органів експертизи та ін.; - природні катастрофи; - кримінальні та економічні злочини; - зовнішні ефекти: заборона на діяльність, зрив постачання, банкрутство, екологічні аварії, соціальні страйки
	Передбачувані зовнішні	- ринковий ризик: зміна цін, валютних курсів, вимог споживачів, кон'юнктури, конкуренція, інфляція; - операційний ризик: відмова від цілей проекту, порушення правил експлуатації та техніки безпеки, неможливість підтримки робочого стану обладнання, споруд
Внутрішні ризики	Внутрішні організаційні	- зриви робіт через нестачу робочої сили, матеріалів, затримки постачань, помилок у плануванні та проектуванні, незадовільне оперативне управління, зміну раніше узгоджених вимог і появу додаткових вимог з боку замовників і партнерів; - перевитрати, що виникли внаслідок зриву планів робіт проекту, низької кваліфікації розробників проекту, помилок у складанні кошторисів і бюджетів, неефективної стратегії постачання та збуту, виявлення претензій з боку партнерів, постачальників і споживачів
	Внутрішні технічні	- зміна технології виконання робіт; - помилкові технологічні рішення; - помилки в проектній документації, невідповідність проектним стандартам
Інші ризики	- транспортні, митні інциденти; - ризики, пов'язані зі здоров'ям людей, пошкодженням майна; - правові ризики, які виникають при придбанні ліцензій, патентів, авторських прав	

11.2 Принципи управління проектними ризиками

Одним з основних завдань, які вирішують у межах управління проектами, є управління ризиками проектної діяльності, або управління ризиками проекту. Ризики існують на всіх фазах та етапах проектної діяльності, тому функція управління ними є актуальною до закриття проекту.

Управління проектними ризиками розглядає та вирішує питання класифікації проектних ризиків; методи виявлення й оцінювання ризиків; інформаційне забезпечення управління ризиками; моніторинг і прогнозування ризиків; технологію зниження ризиків; організацію управління ризиками; оцінювання ефективності та обґрунтування оптимального рівня витрат на управління ризиками.

У межах теорії та практики управління проектними ризиками найважливішими є, зокрема, методи оцінювання, моніторингу та прогнозування ризиків, інформаційного забезпечення управління ризиками.

Діяльність з управління ризиками складається з таких етапів: ідентифікація (виявлення) ризику, його оцінювання, вибір методу та засобів (інструментів) управління ризиком, запобігання, контролювання, фінансування ризику, оцінювання результатів [8].

Перші два етапи належать до *аналізу ризику*: ідентифікація ризику – якісний аналіз, оцінювання ризику – кількісний аналіз.

Для проведення аналізу ризиків у теорії управління ризиками використовують такі кількісні методи: метод статистичного аналізу, аналіз доцільності витрат, метод експертних оцінок.

Важливим є вибір методу та інструментів управління ризиком (таблиця 11.2).

Таблиця 11.2 – Методи управління ризиками

Назва методу	Сутність методу
Скасування ризику	Відмова від певної діяльності або її істотна трансформація, яка призводить до зникнення ризику
Запобігання ризику	Ефективна організація проектної діяльності, коли її учасники мають змогу ефективно впливати на фактори ризику та зменшення можливості настання несприятливої події
Контролювання ризику	Реалізація комплексу заходів, спрямованих на мінімізацію збитків після настання несприятливої події
Страхування ризику	Зменшення збитків від діяльності за рахунок фінансової компенсації зі спеціальних страхових фондів
Поглинання ризику	Спосіб діяльності, коли при матеріалізації ризику збитки повністю несе його учасник

11.3 Методи аналізу ризиків проекту

При управлінні проектами важливо вчасно звернути увагу на визначення ризику в процесі оцінювання доцільності прийняття тих чи інших рішень. Метою аналізу ризику є надання потенційним партнерам необхідної інформації та даних для прийняття рішень про доцільність участі в проекті та розроблення заходів з захисту від можливих фінансових втрат.

Організація робіт з аналізу ризиків має таку послідовність [8]:

- 1 Підбір досвідченої команди експертів.
- 2 Підготовка спеціальних запитань і зустрічі з експертами.
- 3 Вибір техніки аналізу ризику.
- 4 Встановлення факторів ризику та їх значущості.
- 5 Створення моделі механізму дії ризиків.
- 6 Встановлення зв'язку окремих ризиків і сукупного ефекту від їх дії.
- 7 Розподіл ризиків між учасниками проекту.
- 8 Розгляд результатів аналізу ризиків.

Аналіз ризиків поділяють на два види: кількісний і якісний. Кількісний аналіз ризику повинен дати можливість визначити

кількість і розміри окремих ризиків і ризику проекту в цілому. Якісний аналіз визначає фактори, межі та види ризиків.

Для аналізу ризику використовують методи аналогії, експертних оцінок, розрахунково-аналітичний і статистичний (таблиця 11.3).

Таблиця 11.3 – Методи аналізу ризиків

Назва методу	Сутність методу
Метод аналогій	Використовується страховими компаніями, які постійно публікують дані про найбільш важливі зони ризику та зазнані витрати. Метод передбачає використання даних по інших проектах, які вже виконані
Експертний метод	Полягає у використанні досвіду досвідчених керівників і спеціалістів. Передбачає визначення найбільш допустимих, критичних і катастрофічних втрат, маючи на увазі як їх рівень, так і ймовірність
Розрахунково-аналітичний метод	Використовує теоретичні уявлення, які добре розроблені лише для страхового та грального ризику
Статистичний метод	Використовується для визначення очікуваної тривалості кожної роботи і проекту в цілому. Найбільш застосовуваним став метод статистичних випробувань – метод Монте-Карло, перевагою якого є можливість аналізувати і оцінювати різні шляхи реалізації проекту

Початковим пунктом в аналізі ризику проекту є встановлення невизначеності. Цей аналіз може виконуватися декількома шляхами, від неформального судження до комплексних економічних і статистичних аналізів, що включають самостійні підрахунки, і до великомасштабних комп'ютерних моделей. Методики визначення ризику проекту наведено в таблиці 11.4.

Таблиця 11.4 – Методики визначення ризику проекту

Назва методики	Сутність методики
Аналіз чутливості реагування (метод ЧТВ)	Метод чистої теперішньої вартості проекту (ЧТВ) базується на методології дисконтування грошових потоків, має такі етапи: - визначення теперішньої вартості кожного грошового потоку, дисконтованої на вартість капіталу; - сумуються ці дисконтовані грошові потоки, і отриманий результат визначається як чиста теперішня вартість проекту. Якщо $ЧТВ > 0$, то проект доцільно прийняти. У протилежному випадку від нього слід відмовитися
Аналіз сценарію	Методика аналізу ризику розглядає чутливість реагування ЧТВ до змін у ключових змінних величинах і можливий інтервал значень цих змінних. При цьому відбирається «поганий» набір обставин, базовий і «добрий». Потім розраховуються ЧТВ при поганих і сприятливих обставинах, яка порівнюється з очікуваною ЧТВ або ЧТВ у базовому випадку
Визначення точки беззбитковості	Характеризує обсяг продажу, при якому виручка від реалізації продукції збігається з витратами виробництва. Показник розраховується як на основі графічного методу, так і за математичною формулою
Дерево рішень	Для побудови «дерева рішень» визначається склад і тривалість фаз життєвого циклу проекту; виділяються ключові події, які впливають на подальший розвиток проекту, і час їх настання. Обирають усі можливі рішення, які можуть бути прийнятими в результаті настання кожної з подій, і визначають імовірність кожного з них. Встановлюють вартість кожного етапу проекту (вартість робіт між ключовими подіями) у поточних цінах. На основі даних будують «дерево рішень». Його вузли – ключові події, а стрілки, що їх поєднують, – перелік робіт з реалізації проекту
Метод Монте-Карло	Метод базується на використанні імітаційних моделей, які дозволяють створити сценарії, що узгоджуються з обмеженнями по проекту

Точка беззбитковості визначається як

$$O = \frac{B_n}{C - B_z}, \quad (11.1)$$

де O – точка беззбитковості, од.;

B_n – постійні витрати (не змінюються при зміні обсягу виробництва) на програму проекту, грн;

C – ціна одиниці продукції, грн;

B_z – змінні витрати на одиницю продукції, які змінюються пропорційно обсягу виробництва, грн.

11.4 Методи зниження ризиків

Для зниження ризиків на практиці використовують методи, які поєднують у такі групи:

- технічні методи – засновані на впровадженні різних технічних заходів. До них належать система протипожежного контролю, контроль банківських електронних розрахунків;

- правові методи – страхування, застава, неустойка (штраф, пеня), гарантія, завдаток;

- організаційно-економічні методи – комплекс заходів, направлених на попередження витрат від ризику у випадках виникнення несприятливих обставин, а також на їх компенсацію.

Найбільш поширеними методами зниження ризику є розподіл ризику між учасниками проекту; страхування; резервування коштів на покриття непередбачених витрат; нейтралізація часткових ризиків; зниження ризику в плані фінансування.

Розподіл ризику здійснюється у процесі підготовки плану проекту і контрактних документів. Для кількісного розподілу ризику в проектах можна використовувати модель, засновану на «дереві рішень». Кожний учасник виконує запланований проектом обсяг робіт і несе відповідний ризик у випадку невиконання проекту. Найбільше ризикує інвестор. Тому потрібно враховувати, що труднощі в пошуку інвестора, як правило, збільшуються зі збільшенням ступеня ризику, що покладається на інвестора [8].

Страховання ризику – система відшкодування витрат страхувальниками при виникненні страхових випадків із спеціальних страхових фондів, які формуються за рахунок страхових внесків. Це здійснюється за допомогою майнового страхування і страхування від нещасних випадків. Крім страхування може застосовуватись перестраховання та співстраховання. Перестраховання – це страхування, відповідно до якого страховик передає частину відповідальності за ризики іншим страховикам. Співстраховання – це метод вирівнювання та розподілу великих ризиків між кількома страховиками.

Створення резервів ресурсів на покриття непередбачених витрат дозволяє компенсувати ризик, який виникає в процесі реалізації проекту для компенсації збоїв у виконанні проекту. Це спосіб уникнення ризику, що передбачає встановлення співвідношення між потенційними ризиками, які впливають на вартість проекту, і розміром витрат, необхідних для подолання збоїв у виконанні проектів. Частина резерву завжди має знаходитися в руках менеджера, а іншою частиною повинні розпоряджатися інші учасники відповідно до контракту. Першим етапом при використанні даного методу є оцінювання наслідків ризиків, тобто сум на покриття непередбачених витрат. Далі визначаються структура резерву на покриття непередбачених витрат і цілі для використання встановленого резерву.

Часткові ризики – це ризики, які пов'язані з реалізацією окремих етапів (робіт) з проекту, але не впливають на проект у цілому. У плані фінансування проекту обов'язково мають враховуватись такі ризики: ризик нежиттєздатності проекту, податковий ризик, ризик несплати заборгованості та ризик незавершення будівництва.

Управління ризиком здійснюється на всіх стадіях життєвого циклу проекту за допомогою моніторингу, контролю та необхідних коригуючих дій. Здійснює це проект-менеджер у тісній взаємодії з усіма учасниками проекту.

ТЕМА 12. Управління ризиками об'єктів залізничної інфраструктури

12.1 Методологія процесу управління ризиками. Оцінювання ризику

При вирішенні комплексних питань безпеки має застосовуватися методологія процесу управління ризиком, основу якої складає визначення частоти (імовірності) і наслідків небажаних подій.

Поєднання двох умов – можливості появи небажаної події та сприйнятливості об'єкта до його впливу – є достатньою підставою для визнання факту існування ризику.

Процес управління ризиком поділяється на три етапи:

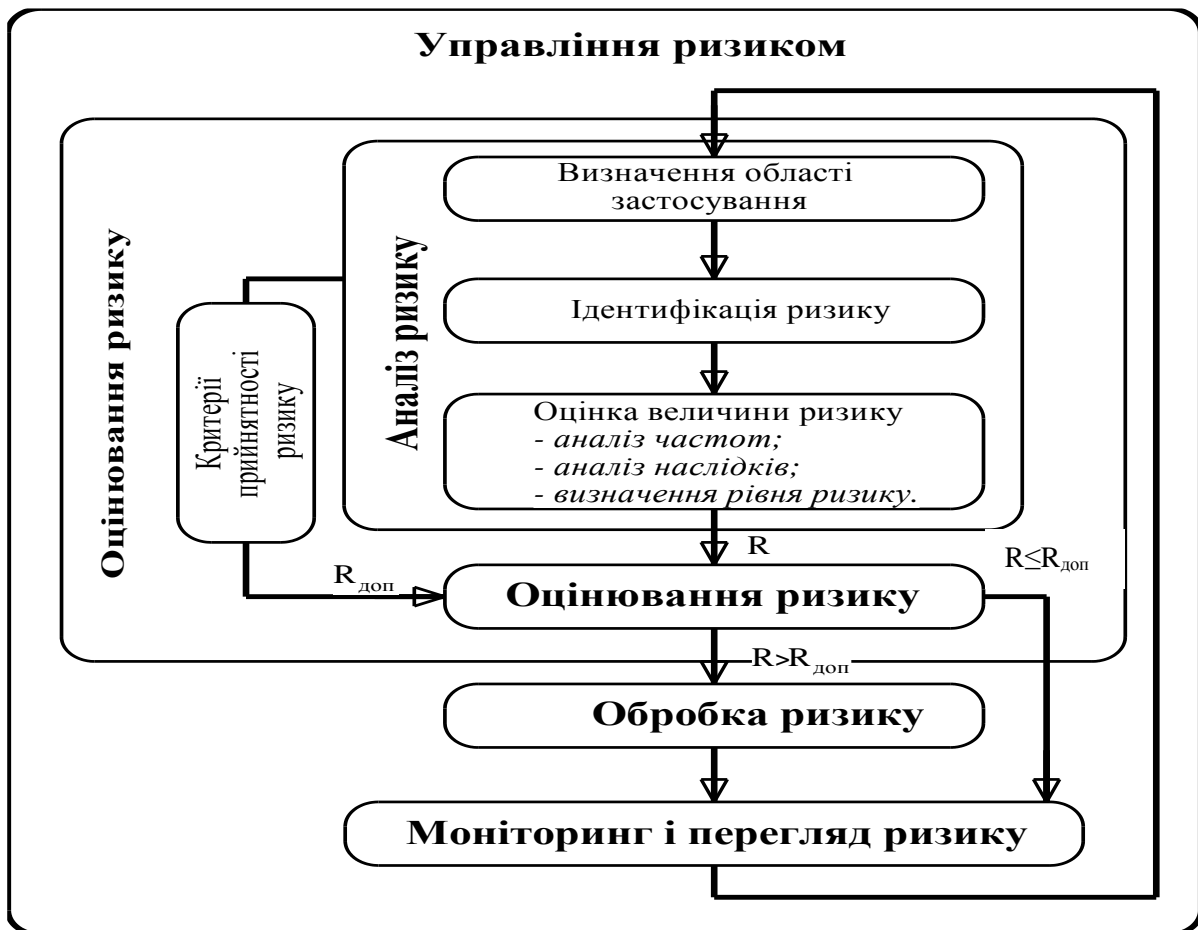
- оцінювання ризику;
- обробка ризику;
- моніторинг і перегляд ризику.

Методичні принципи організації процесу управління ризиком засновані на послідовному виконанні окремих етапів, процедур і кроків з використанням існуючих підходів, методів, технологій, наявних відомостей про зовнішні та внутрішні умови та об'єкт або процес, ризик для якого підлягає управлінню [8].

На етапі оцінювання ризику ідентифікують небезпеки, оцінюють величину ризику та порівнюють зі встановленими граничними значеннями, які визначаються критеріями ризику. Після оцінювання ризику приймають рішення про прийняття чи неприйняття ризику. Якщо ризик не приймається, проводиться його обробка з метою зниження. Якщо величина залишкового ризику (після проведення його обробки) не може бути прийнята, то етапи «оцінювання ризику» та «обробка ризику» (або тільки етап «обробка ризику») повторюють.

Базовим етапом, що дозволяє сформулювати стратегію управління ризиками, є *етап оцінювання ризику*. Головною частиною етапу оцінювання ризику є процедура *аналізу ризику*, що займає особливе місце в процесі управління ризиком і визначає ефективність зниження ризику.

Процес управління ризиком наведено на рисунку 12.1.



R – рівень ризику; $R_{доп}$ – допустимий рівень ризику

Рисунок 12.1 – Процес управління ризиком

На різних етапах життєвого циклу об'єкта інфраструктури та рухомого складу конкретні цілі аналізу ризику можуть змінюватися.

На етапі передпроектних робіт або проектування метою аналізу ризику є:

- виявлення небезпек та оцінювання величини ризику з урахуванням впливу факторів на персонал, населення, матеріальні об'єкти, навколишнє середовище;

- урахування результатів при аналізі прийнятності запропонованих рішень і виборі оптимальних варіантів розміщення обладнання, об'єкта з урахуванням особливостей навколишнього середовища;

- забезпечення інформацією для розроблення інструкцій, технологічних регламентів і планів ліквідації небезпечних ситуацій;

- оцінювання різних варіантів проектно-конструкторських пропозицій.

На етапі експлуатації та реконструкції об'єктів залізничної інфраструктури метою аналізу ризику є:

- порівняння умов експлуатації об'єкта з відповідними вимогами безпеки;

- уточнення інформації про основні небезпеки;

- розроблення рекомендацій щодо обґрунтування або зміни нормативних вимог з питань ліцензування, визначення частоти перевірок стану, безпеки та ін.;

- удосконалення інструкцій з експлуатації і технічного обслуговування, планів локалізації небезпек;

- оцінювання ефекту змін в організаційній структурі, способах практичної роботи і технічного обслуговування щодо показників безпеки.

На етапі виведення з експлуатації (або введення в експлуатацію) об'єктів залізничної інфраструктури метою аналізу ризику є:

- виявлення небезпек і оцінювання їхніх наслідків;

- забезпечення інформацією для розроблення або уточнення інструкцій щодо виведення з експлуатації (або введення в експлуатацію).

Діяльність компанії слід здійснювати так, щоб ризики при їх реалізації були нижче рівня прийнятних ризиків, які нормуються заздалегідь, з урахуванням очікуваного економічного ефекту.

Рівні прийнятних ризиків визначаються органами управління залізниць з урахуванням науково-технічних та економічних можливостей [8].

Аналіз ризиків, їх оцінювання та порівняння з допустимими рівнями дадуть можливість обґрунтовано, з використанням кількісних показників, приймати рішення про допустимість реалізації проектів.

Етап оцінювання ризику передбачає отримання достовірної вихідної інформації; проведення необхідного аналізу; прийняття обґрунтованих рішень при оцінюванні ризику; формування вихідних даних для подальшого вибору оптимальних рішень про обробку ризику.

Етап оцінювання ризику включає в себе такі процедури: аналіз ризику; оцінювання ризику.

Аналіз ризику складається з таких кроків: визначення сфери застосування; ідентифікація ризику; оцінювання величини ризику.

Оцінювання величини ризику включає аналіз частот (або ймовірностей), аналіз наслідків і визначення рівня ризику. На цьому етапі можуть встановлюватися критерії прийняттого ризику, якщо вони не були визначені раніше.

Визначення рівня ризику проводиться після завершення аналізу частот і аналізу наслідків.

При визначенні рівня ризику проводиться кількісне оцінювання, для чого використовують різні математичні формулювання. У загальному випадку визначення рівня ризику (R) передбачає вираження ризику за допомогою двох величин – імовірності (P) небажаної події та її наслідків (C):

$$R = P \cdot C. \quad (12.1)$$

При невідомих наслідках ризик може бути виражено ймовірністю або частотою. Крім того, ризик визначається як імовірності перевищення деяким випадковим параметром певної межі (порогу). На рисунку 12.2 наведено ризики виникнення відповідних небажаних подій і їх міру (вимірювання).

При небезпеці для матеріальних цінностей ризик часто вимірюють у грошовому вираженні. Може виникнути небезпека, яку не можна виразити кількісно, наприклад коли наслідки події не можна передбачити досить повно. Прикладом можуть служити наслідки виходу з ладу компонента, використововуваного в різних галузях економіки, які постачальник компонента оцінити не може. У такому випадку мірою ризику приймають імовірність перевищення меж навантаження на систему, у складі якої експлуатувався даний компонент.

При ризику, пов'язаному зі здоров'ям, наслідки можуть бути оцінені кількісно як простій у роботі або витрати на оплату персоналу, що підміняє, страхові виплати та ін. При ризику, пов'язаному з летальним результатом, кількісні оцінки наслідків в основному відсутні.

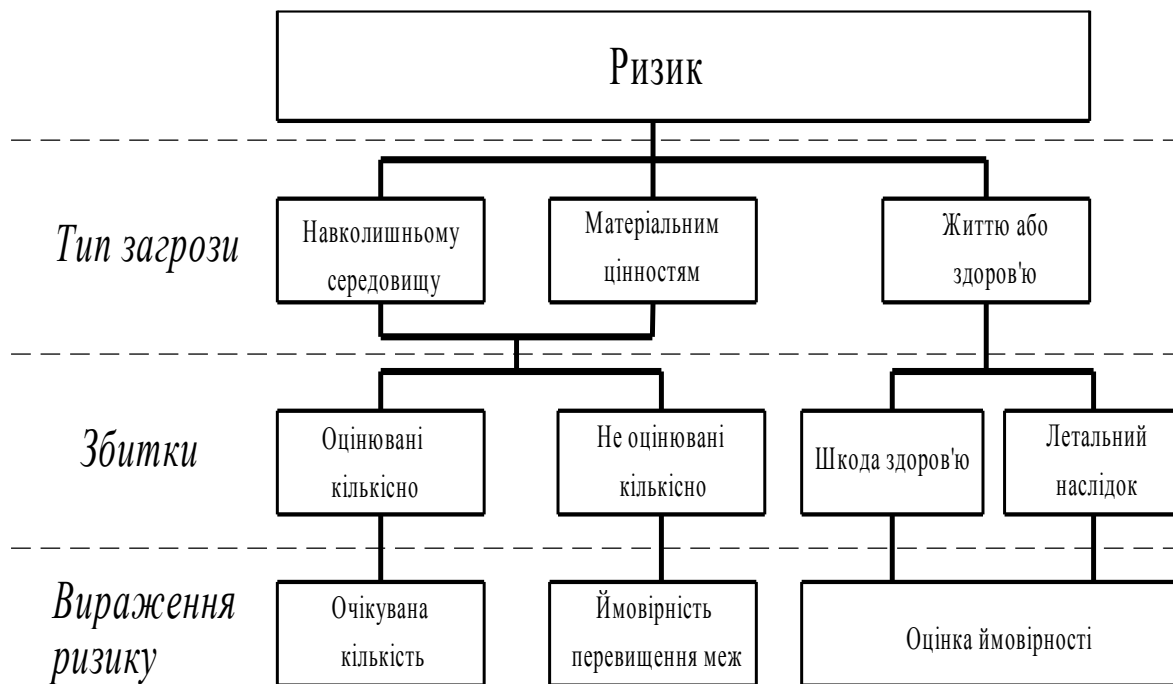


Рисунок 12.2 – Представлення та міра ризиків

Проблеми викликають випадки, коли небезпека загрожує людям, навколишньому середовищу та матеріальним цінностям одночасно. У таких випадках міра ризику повинна бути оцінена за декількома критеріями.

У результаті оцінювання рівня ризику отримують кількісне вираження ризику, що є узагальненою характеристикою ризику та використовується далі на етапах процесу управління ризиком.

Встановлення критеріїв ризику. Критерії прийнятності ризику визначають допустимий рівень ризику та приймають залежно від методів проведення аналізу ризику, наявності необхідної інформації, можливостей і цілей аналізу. При цьому критерії прийнятності ризику можуть задаватися нормативно-правовою документацією; визначатися при плануванні аналізу ризику; визначатися в процесі отримання результатів аналізу ризику.

Основою для визначення прийнятності ризику є законодавство, правила і норми безпеки, що діють; відомості про наявні аварійні події та їхні наслідки; досвід роботи в даному виді діяльності [8].

Оцінювання ризику (або співставлення ризику) виконується після аналізу ризику та завершує процедуру оцінювання ризику.

При оцінюванні ризику отриману оцінку рівня ризику (R) співвідносять з одним допустимим рівнем (R_{don}) або декількома заданими рівнями ризику, які визначаються на основі допустимого рівня ризику. Допустимий рівень ризику визначається критеріями прийнятності ризику (таблиця 12.1).

Таблиця 12.1 – Типові рівні (категорії) ризику

Рівень ризику	Діапазон значень
Неприпустимий	$R > R_{don}$
Небажаний	$0,1R_{don} \leq R < 0,1R_{don}$
Допустимий	$0,01R_{don} \leq R < 0,1R_{don}$
Не береться в розрахунок	$R < 0,01R_{don}$

За результатами оцінювання ризику приймається рішення про необхідність проведення обробки ризику і про пріоритетність обробки ризику. Рішення про обробку ризику приймається керівництвом організації залізничного транспорту на основі етичних, юридичних, фінансових та інших міркувань, включаючи сприйняття ризику.

Прийняті рішення за результатами оцінювання ризику для кожного рівня ризику наведені в таблиці 12.2.

Таблиця 12.2 – Прийняті рішення про обробку ризику

Рівень ризику	Рішення
Неприпустимий	Ризик повинен виключатися. Обробка ризику необхідна
Небажаний	Ризик повинен бути знижений. Обробка ризику необхідна Ризик може бути прийнятий за згодою керівництва організації в разі, коли зниження ризику неможливе або недоцільне. Обробка ризику зводиться до усунення наслідків
Допустимий	Ризик приймається при відповідному моніторингу і контролі та за згодою керівництва організації. Обробка ризику не потрібна або зводиться до усунення наслідків
Не береться у розрахунок	Ризик приймається без згоди керівництва організації. Обробка ризику не потрібна

12.2 Обробка ризику. Моніторинг і перегляд ризику

Процес обробки ризику передбачає складання заходів щодо зниження ризику; планування їх здійснення; проведення цих заходів. Схема, яка пояснює дії на етапі обробки ризику, подана на рисунку 12.3.

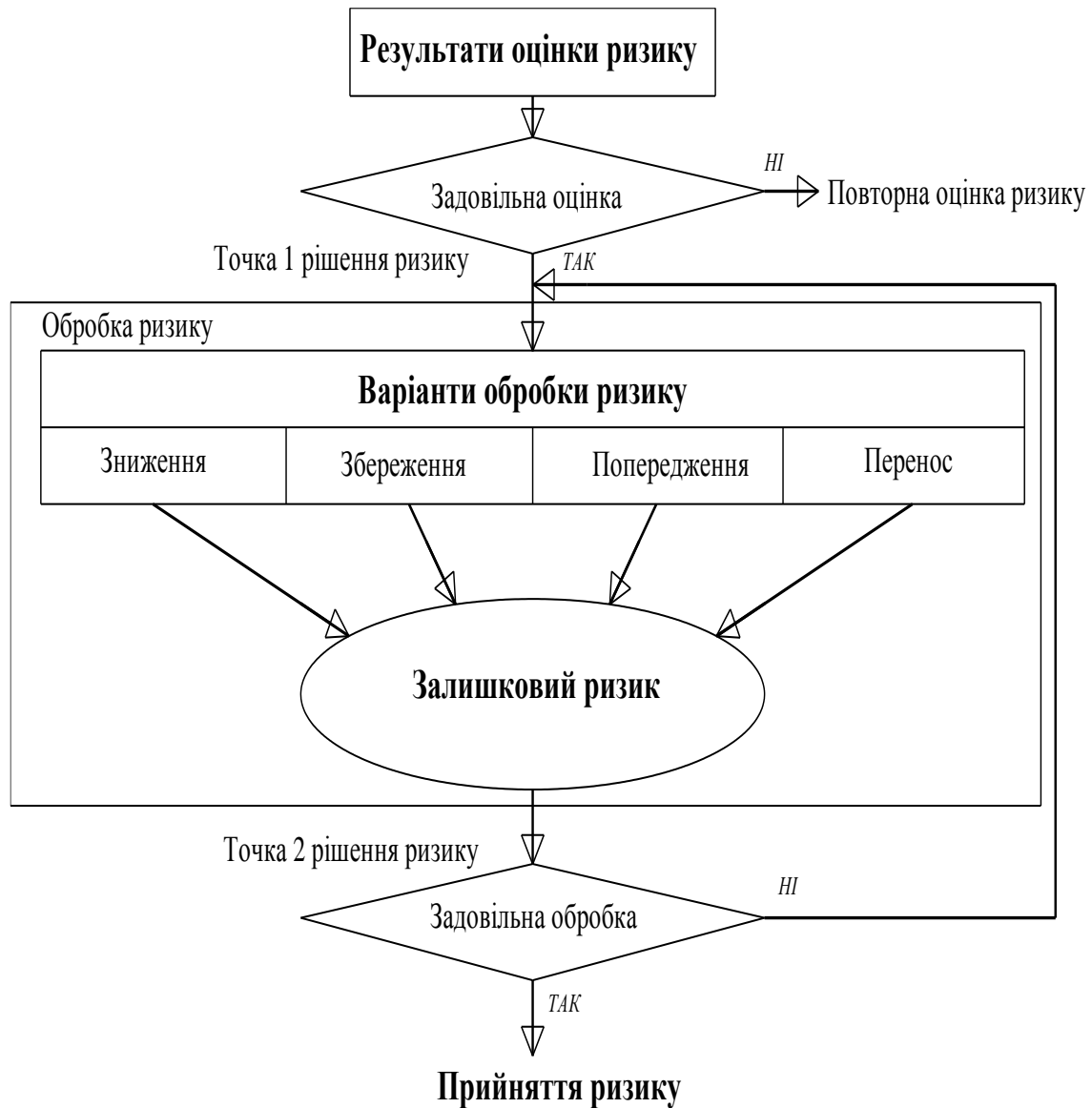


Рисунок 12.3 – Схема обробки ризику

Результати етапу оцінювання ризику містять рекомендації щодо зниження ризику, які є вихідними даними для етапу обробки ризику. Заходи щодо зменшення ризику носять технічний і (або) організаційний характер. Варіанти заходів з обробки ризиків наведено в таблиці 12.3.

Таблиця 12.3 – Заходи з обробки ризику

Заходи	Зміст
Запобігання ризику	Передбачає розгляд способів усунення небезпеки або уразливості, або зміни процесу, діяльності таким чином, щоб небезпека до них не була застосована. Якщо ідентифіковані ризики вважаються занадто високими, може бути прийнято рішення про повне припинення або відмову від запланованої чи існуючої діяльності
Перенесення ризику	Перенесення ризику на третю сторону, яка може взяти на себе ризик (страхові компанії, передача функцій постачальникам мережевих рішень, службам управління безпекою, аутсорсинг)
Зниження ризику	Застосування відповідних засобів контролю небезпечних відмов та інших небажаних подій дозволяє знизити частоту (імовірність) або обсяг можливих наслідків. Кожен засіб контролю може забезпечувати один або декілька видів захисту: попередження, стримування, виявлення, зниження, відновлення, виправлення, моніторинг та інформування
Прийняття ризику	Організація повинна прийти до рішення про прийняття ризику на основі критеріїв прийняття. Це рішення виникає з двох причин. Першою причиною є успішне зниження ризику, коли залишковий ризик після реалізації засобів контролю не перевищує критеріїв прийнятності ризику. Другою причиною є збереження ризику, тобто навіть якщо початковий або залишковий ризик перевищує критеріїв прийнятності, керівництво організації виносить рішення про прийняття ризику, враховуючи різні умови, такі як бюджет, тимчасові обмеження та ін.

Моніторинг і перегляд ризику. Основною метою моніторингу ризику є зменшення невизначеності в оцінюванні ризику. Функціонально моніторинг ризику пов'язаний як з функціями аналізу і оцінювання, так і з функціями управління ризиком.

Дії з моніторингу ризику повинні регулярно, періодично повторюватися, оскільки фактори, що впливають на ризик, можуть постійно змінюватися. Періодичність проведення моніторингу визначається окремо для кожного виду ризику залежно від його значущості.

Завдання моніторингу ризику, що наведено в таблиці 12.4, можна умовно поділити на три основні групи: завдання

аналітичного моніторингу; завдання ситуаційного моніторингу; завдання операційного моніторингу.

Таблиця 12.4 – Завдання моніторингу ризику

Моніторинг ризику		
Аналітичний	Ситуаційний	Операційний
1 Виділення ознак ризику. 2 Оцінювання величини ризику. 3 Оцінювання ризику	1 Спостереження за джерелами інформації про ризик. 2 Відстеження динаміки ризику. 3 Контроль параметрів, що впливають на ризик	1 Контроль результатів управління ризиком
Формування бази даних проблемної сфери ризику		

Аналітичний моніторинг ризику може бути представлений у вигляді покрокової процедури виконання різних операцій (збір, обробка, аналіз, подання та ін.).

Ситуаційний моніторинг ризику призначений для виявлення, відстеження і контролю інформативних ознак ризику в певній ситуації.

Ситуаційний моніторинг, як і аналітичний моніторинг, може бути представлений у вигляді послідовності операцій з обробки різних видів інформації, які виконуються у вигляді покрокової процедури.

Операційний моніторинг ризиків призначений для вирішення завдання моніторингу ризику в процесі і за результатами управління ризиком.

У вирішенні завдань управління ризиками операційний моніторинг слід розглядати як одну з функціональних складових управління ризиками [8].

Технологічно операційний моніторинг ризиків є елементом системи підтримки прийняття рішень з управління ризиками.

Операційний моніторинг ризиків вирішує два основні завдання:

- моніторинг ризику в процесі управління ризиком певного виду;
- аналіз ефективності управління ризиком.

Вирішення зазначених завдань проводиться в рамках системи підтримки прийняття рішень з управління ризиком.

Перегляд ризику. Ризики не є статичними. Небезпеки, їх прояви, частота виникнення та наслідки можуть істотно змінюватися під впливом різних факторів. Для виявлення та контролю цих змін необхідний моніторинг ризику, що виконується на різних етапах процесу управління ризиками. Результатом моніторингу ризику може бути рекомендація щодо перегляду ризику.

Якщо не вжити спеціальних заходів, то в певний момент отримані раніше оцінки ризиків будуть неправильними, оскільки вони не будуть враховувати зміни факторів, що впливають. Наприклад, нові небезпеки, зміни в їхній імовірності або наслідки можуть значно збільшити ризики, що раніше оцінювались як низькі.

Перегляд ризику, що включає, як правило, етапи аналізу ризику, оцінювання ризику і обробки ризику, проводиться:

- при ідентифікації будь-яких змін, пов'язаних з небезпеками, їх проявами, частотою виникнення і тяжкістю наслідків;

- появі значних змін експлуатаційних, технічних, економічних, нормативно-правових, соціальних, екологічних та інших факторів, які зачіпають функціонування залізничного транспорту;

- періодично після закінчення встановленого інтервалу часу (визначається окремо для кожного виду ризику) з моменту проведення останнього перегляду.

При перегляді низьких і прийнятих ризиків доцільно розглядати як кожен ризик окремо, так і всі ризики в сукупності, оскільки їх агрегація при оцінюванні також підсумовує потенціал їх впливу.

Зміни факторів, які зачіпають імовірність і наслідки реалізації небезпеки, можуть також змінити придатність або вартість різних заходів з обробки ризику. Тому дії з моніторингу ризику повинні регулярно повторюватися, а обрані заходи з обробки ризику мають за необхідності переглядатися [8].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Правила технічної експлуатації залізниць України: ЦД-004 : затв. наказом Міністерства транспорту України від 20.12.1996 р. № 411. Чинний від 01-04-1997. Київ : ТОВ «Видавничий дім «САМ», 2003. 133 с.

2 ДБН А.2.2.-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. Чинний від 2014-10-01. Київ : Мінрегіонбуд України, 2014. 34 с.

3 ДБН В.2.3-19-2008. Споруди транспорту. Залізничні колії 1520 мм. Норми проектування. Чинний від 26-01-2008. Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. 122 с.

4 Порядок прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів : затв. постановою Кабінету Міністрів України від 13 квітня 2011 р. № 461 (у редакції постанови Кабінету Міністрів України від 8 вересня 2015 р. № 750). URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/461-2011-%D0%BF>. Загл. з екрану.

5 Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України : ЦП-0138 : затв. наказом Укрзалізничі № 427-Ц від 22.12.2005 р. Київ : Транспорт України, 2006. 336 с.

6 Берестов І. В., Шаповал Г. В., Куценко М. Ю. та ін. Залізничні станції та вузли : навч. посібник; за ред. І. В. Берестова. Харків : Райдер, 2012. 464 с.

7 Даниленко Е. І. Залізнична колія: Улаштування, проектування і розрахунки, взаємодія з рухомим складом : підручник. Київ : Інпрес, 2010. Т. 1 – 2.

8 Довгаль Д. Є. Мохонько Г. А., Малик І. П. Управління проектами : навч. посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 420 с.

9 Берестов І. В., Шаповал Г. В., Куценко М. Ю., Шелехань Г. І. Проектний аналіз : конспект лекцій. Харків : УкрДАЗТ, 2012. – 102 с.

10 Исаков А. Л., Матвиенко В. С. Проектирование трассы и железнодорожного пути высокоскоростной железнодорожной магистрали: учеб. пособие. Новосибирск : Изд-во СГУПС, 2012. 116 с.

