

ФАКУЛЬТЕТ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Кафедра залізничних станцій та вузлів

**ГЕОМЕТРИЧНІ МОДЕЛІ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ
ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ**

**Конспект лекцій
з дисципліни**

«САПР ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ ТА ВУЗЛІВ»

Частина 3

Харків – 2014

Геометричні моделі колійного розвитку залізничних станцій: Конспект лекцій / О.М. Огар, І.В. Берестов,

М.Ю. Куценко, Т.Т. Берестова. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – Ч. 3.
– 40 с.

Конспект лекцій містить теоретичні положення щодо автоматизації параметричного синтезу планів колійного розвитку залізничних станцій.

Дана розробка рекомендується для використання студентами спеціальності «Організація перевезень та управління на транспорті (залізничний транспорт)» усіх форм навчання та слухачів НН ІППК.

Конспект лекцій розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри залізничних станцій та вузлів 14січня 2013 р., протокол № 6.

Рецензент

проф. Є.С. Альошинський

ГЕОМЕТРИЧНІ МОДЕЛІ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

«САПР ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ ТА ВУЗЛІВ»

Частина 3

Відповідальний за випуск Огар О.М.

Редактор Еткало О.О.

Підписано до друку 11.03.13 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 2,0. Тираж 100. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**ФАКУЛЬТЕТ
«УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ»**

Кафедра «Залізничні станції та вузли»

**ГЕОМЕТРИЧНІ МОДЕЛІ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ
ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

«САПР ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ ТА ВУЗЛІВ»

Частина 3

Харків 2014

Огар О.М., Берестов І.В., Куценко М.Ю., Берестова Т.Т.
Геометричні моделі колійного розвитку залізничних станцій:
Конспект лекцій. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – Ч. 3. – 40 с.

Конспект лекцій містить теоретичні положення щодо автоматизації параметричного синтезу планів колійного розвитку залізничних станцій.

Дана розробка рекомендується для використання студентами спеціальності «Організація перевезень та управління на транспорті (залізничний транспорт)» усіх форм навчання та слухачів НН ІППК.

Конспект лекцій розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри "Залізничні станції та вузли" "14"січня 2013 р., протокол № 6.

Рецензент

проф. Є.С. Альошинський

ЛЕКЦІЯ 1

Системний підхід до проектування

Проектування – це процес створення опису, необхідного для побудови в заданих умовах ще неіснуючого об'єкта. Проектування починається за наявності вираженої потреби суспільства в об'єкті проектування.

В основі дій проектувальника лежить якийсь спосіб або принцип. І якщо спосіб дії машини (комп'ютера) вдається передбачити досить точно, то вибір способу дії людини не є настільки ж певним. У цей час, коли в проектуванні все більш активно застосовуються комп'ютерна техніка і технологія, можна говорити про способи і дії "людино-машинних" систем. В основі усвідомленого раціонального способу дії людини лежить метод.

Для існування методу необхідні:

- правила поведінки як опис способу дії;
- усвідомлення використання методу як основи дії;
- суворе підпорядкування правилам поведінки;
- опис ситуацій, у яких доцільний цей метод.

Аналізуючи проектну діяльність з позиції окремого і загального, можна сказати, що в її основі лежать дії – способи (принципи) – методи.

У залежності від того, які кошти для реалізації творчих дій застосовує проектувальник, розрізняють:

- евристичні методи;
- алгоритмічні методи.

В евристичних методах визначальне значення мають:

- асоціативні здібності;
- інтуїтивне мислення;
- способи управління мисленням.

Евристичні методи засновані на використанні загальних правил і рекомендацій. Вони допомагають при пошуці різних понять і

тверджень, які дають змогу завдяки випадковим або логічним асоціаціям відкрити або створити абстрактне співвідношення, здатне дати рішення задачі.

Алгоритмічні методи ґрунтуються на алгоритмі, який можна визначити як послідовність вказівок, що стосуються процедур (операцій), що дають змогу вирішити задачу. Можна виділити логічні алгоритми і математичні алгоритми.

Проектування може бути:

- ручним – без застосування комп'ютера;
- автоматизованим – на основі взаємодії людини і комп'ютера, коли евристичні дії проектувальника доповнюються обчислювальними можливостями комп'ютера, реалізованими за допомогою певних алгоритмів;
- автоматичним – без участі людини на проміжних етапах проектування.

Проектування складних технічних об'єктів, до яких належать і залізниці, виконується, як правило, автоматизовано, тобто за допомогою САПР – систем автоматизованого проектування (CAD – Computer Aided Design).

При проектуванні залізниць застосовують блочно-ієрархічний підхід, який полягає у декомпозиції проектних завдань на ієрархічні рівні і встановленні зв'язків між цими рівнями.

Система автоматизованого проектування – організаційно-технічна система, що складається з комплексу засобів автоматизації проектування, взаємопов'язаного з підрозділами проектної організації, та виконує автоматизоване проектування.

Таким чином, САПР слід розуміти і як комп'ютерну програму, і як організаційно-технічну систему в широкому сенсі.

Автоматизація проектування займає особливе місце серед інформаційних технологій, будучи власне синтетичною дисципліною, що включає безліч інформаційних елементів: від обчислювальних мереж і телекомунікаційних технологій до передових методів обчислювальної математики і засобів моделювання тривимірної віртуальної реальності.

Класифікацію САПР здійснюють за різними ознаками, наприклад, за цільовим призначенням, комплексністю вирішуваних

завдань, характером базової підсистеми.

САПР залізниць можна класифікувати як архітектурно-будівельну САПР. У той же час цю САПР необхідно розглядати як самостійну гілку (підклас) у цьому класі.

За цільовим призначенням розрізняють підсистеми САПР, що забезпечують різні аспекти проектування. Так, наприклад, під терміном САД зазвичай розуміють процедури геометричного проектування.

Розрахунки міцності, стійкості, довговічності та інших аспектів функціональності об'єктів проектування виконують у підсистемі САЕ (Computer Aided Engineering).

Розрахунки, пов'язані з технологічною підготовкою виробництва, реалізують у підсистемі САМ (Computer Aided Manufacturing).

За комплексністю вирішуваних завдань розрізняють окремі підсистеми і комплекси з викладених вище підсистем: САД / САЕ / САМ.

Важливим компонентом комплексних систем останнім часом стають підсистеми управління даними РДМ (Product Data Management), які забезпечують колективну роботу над проектами, цілісність даних і сприяють реалізації ефективних систем управління якістю.

Здатність комп'ютерних технологій підтримувати функціонування об'єктів від стадії проектування до їх утилізації в єдиній інформаційній системі породила концепцію РЛМ (Product Lifecycle Management), яка є надзвичайно перспективною і для майбутнього залізничної галузі.

Найбільш точно сутність цієї концепції наведена в такому визначенні: «РЛМ – це стратегічний підхід до ведення бізнесу, який використовує набір сумісних рішень для підтримки загального подання інформації про продукт у процесі його створення, реалізації та експлуатації, у середовищі розширеного підприємства – починаючи від концепції створення продукту і закінчуючи його утилізацією – при інтеграції людських ресурсів, процесів та інформації». Слідуючи логіці цього визначення, РЛМ – це не система (типу САД) і не клас систем (типу САД / САМ / САЕ), а стратегія виробництва із застосуванням комплексної комп'ютеризації, яка базується на єдиному поданні інформації про виріб (продукт) на всіх стадіях його життєвого циклу. Ця інформація може (і повинна) спільно використовуватися всіма учасниками розширеного підприємства, до яких належать основний виробник, постачальники,

субпідрядники, замовники і споживачі.

ЛЕКЦІЯ 2

Вимоги до математичних моделей, призначених для автоматизованого проектування. Класифікація математичних моделей

Математичні моделі служать для опису властивостей об'єктів у процедурах автоматизованого проектування. Якщо проектна процедура включає створення математичної моделі і оперування нею з метою отримання корисної інформації про об'єкт, то говорять, що процедура виконується на основі математичного моделювання.

До математичної моделі висуваються вимоги універсальності, точності, адекватності та економічності.

Ступінь універсальності математичної моделі характеризує повноту відображення в моделі властивостей реального об'єкта. Математична модель відображає лише деякі властивості об'єкта. Так, більшість математичних моделей, використовуваних при функціональному проектуванні, призначена для відображення фізичних або інформаційних процесів, що протікають в об'єкті, при цьому не потрібно, щоб математична модель описувала такі властивості об'єкта, як геометрична форма складових його елементів.

Точність математичної моделі оцінюється ступенем збігу значень параметрів реального об'єкта і значень тих же параметрів, розрахованих за допомогою оцінюваної математичної моделі.

Адекватність математичної моделі – здатність відображати задані властивості об'єкта з похибкою не вище заданої. Оскільки вихідні параметри є функціями векторів параметрів зовнішніх Q та внутрішніх X , похибка ε_j залежить від значень Q і X . Звичайно значення внутрішніх параметрів математичної моделі визначають з умови мінімізації похибки ε_m в деякій точці $Q_{ном}$ простору зовнішніх змінних, а використовують модель з розрахованим вектором X при різних значеннях Q . При цьому, як правило, адекватність моделі спостерігається лише в обмеженій області зміни зовнішніх змінних – області адекватності (OA) математичної моделі

$$OA = \{Q | \varepsilon_m \leq \delta\},$$

де $\varepsilon_m \leq \delta$ – задана константа, рівна гранично допустимій похибці моделі.

Економічність математичної моделі характеризується затратами обчислювальних ресурсів (витратами машинних часу T_m і пам'яті P_m) на її реалізацію. Чим менше T_m і P_m , тим модель економічніша. Замість значень T_m і P_m , залежних не тільки від властивостей моделі, але і від особливостей застосовуваної ЕОМ, часто використовують інші величини, наприклад: середня кількість операцій, які виконуються при одному зверненні до моделі, розмірність системи рівнянь, кількість використовуваних у моделі внутрішніх параметрів і т.п.

Вимоги високої точності, ступеня універсальності, широкої ОА, з одного боку, і високої економічності, з іншого боку, суперечливі. Найкраще компромісне задоволення цих суперечливих вимог залежить від особливостей вирішуваних завдань, ієрархічного рівня й аспекту проектування. Ця обставина обумовлює застосування в САПР широкого спектра математичних моделей.

Математичні моделі класифікуються за такими ознаками:

- характером відображуваних властивостей об'єкта;
- приналежністю до ієрархічного рівня;
- ступенем деталізації опису всередині одного рівня;
- способом подання якостей об'єкта;
- способом отримання моделі.

За характером відображуваних властивостей об'єкта математичні моделі бувають структурні і функціональні, за приналежністю до ієрархічного рівня – математичні моделі мікрорівня, макрорівня і метарівня, за ступенем деталізації опису всередині одного рівня – повні і макромоделі, за способом представлення якостей об'єкта – аналітичні, алгоритмічні та імітаційні, за способом отримання моделі – теоретичні й емпіричні.

Структурні математичні моделі призначені для відображення структурних властивостей об'єкта. Розрізняють структурні математичні моделі топологічні та геометричні. У топологічних математичних моделях відображаються склад і взаємозв'язок елементів об'єкта. Їх найчастіше застосовують для опису об'єктів, що складаються з великого числа елементів, при вирішенні завдань прив'язки конструктивних елементів до певних просторових позицій (наприклад, завдання компоновання устаткування, розміщення

деталей, трасування з'єднань) або до відносних моментів часу (наприклад, при розробленні розкладів, технологічних процесів).

Топологічні моделі можуть мати форму графів, таблиць (матриць), списків і т.п.

У геометричних математичних моделях відображаються геометричні властивості об'єктів. В них додатково до відомостей про взаємне розташування елементів містяться відомості про форму деталей. Геометричні математичні моделі можуть виражатись сукупністю рівнянь ліній і поверхонь, алгебраїчних співвідношень, що описують області, які складають тіло об'єкта; графами і списками, що відображають конструкції з типових конструктивних елементів, і т.п.

Геометричні математичні моделі застосовують при вирішенні завдань конструювання. Використовують кілька типів геометричних математичних моделей. Для відображення геометричних властивостей з порівняно нескладними поверхнями застосовують математичні моделі, що подаються в аналітичній або алгебраїчній формі (аналітичні, алгебрологічні).

Аналітичні математичні моделі – рівняння поверхонь і ліній. В алгебрологічних математичних моделях тіла описуються системами логічних виразів, що відображають умови приналежності точок внутрішнім областям тіл.

Для складних поверхонь аналітичні та алгебрологічні моделі виявляються занадто громіздкими. Їх важко отримувати і незручно використовувати. Сфера їх застосування зазвичай обмежується поверхнями плоскими і другого порядку.

Для відображення геометричних властивостей деталей зі складними поверхнями застосовують математичні моделі каркасні і кінематичні.

Каркасні математичні моделі являють собою каркаси – кінцеві множини елементів, наприклад, точок або кривих, що належать поверхні, що моделюється. Зокрема, вибір каркаса у вигляді ліній, що утворюють сітку на поверхні, що описується, призводить до розбиття поверхні на окремі ділянки. Кусково-лінійна апроксимація на цій сітці усуває головний недолік аналітичних моделей, оскільки в межах кожної з ділянок, що мають малі розміри, можлива задовільна за точністю апроксимація поверхнями з простими рівняннями. Коефіцієнти цих рівнянь розраховуються виходячи з умов плавності сполучень ділянок.

У кінематичних математичних моделях поверхня подається в параметричному вигляді. Таку поверхню можна отримати в результат переміщення в тривимірному просторі кривої, що називається твірною, за деякою напрямною лінією.

Коефіцієнти рівнянь у всіх розглянутих моделях, як правило, не мають простого геометричного змісту, що ускладнює роботу з ними в інтерактивному режимі. Цей недолік усувається в канонічних моделях і в геометричних макромоделях.

Канонічні моделі використовують у тих випадках, коли вдається виділити параметри, що однозначно визначають геометричний об'єкт і в той же час мають простий зв'язок з його формою.

Геометричні макромоделі є описами попередньо відібраних типових геометричних фрагментів. Такими фрагментами можуть бути типові складальні одиниці, а їх макромоделі – умовні номери, габаритні і стикувальні розміри. При оформленні конструкторської документації макромоделі використовують для опису типових графічних зображень.

Функціональні математичні моделі призначені для відображення фізичних або інформаційних процесів, що протікають в об'єкті при його функціонуванні або виготовленні. Зазвичай функціональні математичні моделі являють собою системи рівнянь, що зв'язують фазові змінні, внутрішні, зовнішні та вихідні параметри.

Одним з основних завдань створення САПР є розроблення компонентів математичного забезпечення, що дають змогу найкраще компромісно задовольнити суперечливі вимоги універсальності, точності, економічності, надійності.

Використання принципів блочно-ієрархічного підходу до проектування призводить до появи ієрархії математичних моделей об'єктів, що проектуються.

Кількість ієрархічних рівнів при моделюванні визначається складністю об'єктів, що проектуються, і можливостями засобів проектування.

Однак для більшості предметних галузей можна віднести наявні ієрархічні рівні до одного з трьох узагальнених рівнів: мікро-, макро- і метарівня.

ЛЕКЦІЯ 3

Методика отримання математичної моделі елементів. Класифікація процедур структурного синтезу

Загальна методика отримання математичної моделі елементів містить у собі виконання таких процедур:

– визначення властивостей об'єкта (елемента), які повинні відображати модель. Внесення до переліку таких властивостей, оцінка яких не вимагається для прийняття проектних рішень на певному етапі проектування, призводить до ускладнення моделі і нераціонального витрачання ресурсів САПР;

– збір вихідної інформації про обрані властивості об'єкта. Використовуються знання про закономірності функціонування об'єкта і довідкові дані; плануються і реалізуються необхідні експериментальні дослідження і т.д.;

– одержання структури моделі, тобто математичних виразів і рівнянь, що описують у загальному вигляді відносини між фазовими змінними та параметрами об'єкта. Іноді замість системи рівнянь модель зручно подавати деякою формальною графічною мовою;

– розрахунок числових значень параметрів математичної моделі елементів для заданого екземпляра або групи екземплярів об'єктів. Відомі значення вихідних параметрів об'єкта y_j^{icm} . Необхідно вибрати такі значення внутрішніх параметрів моделі x_i , при яких оцінки вихідних параметрів y_j^m , отримані на основі моделювання, були максимально наближені до значень y_j^{icm} . Іншими словами, завдання розрахунку x_i формулюється як екстремальна задача:

$$\min_{X \in XD} \varepsilon_M(X),$$

де ε_M – норма вектора відносних похибок $\varepsilon_j = (y_j^m(X) - y_j^{icm})$;

XD – задана область можливих значень внутрішніх параметрів;

– оцінка точності й адекватності моделі. Зазвичай точність визначається в деякій тестовій ситуації, яка характеризується заданими значеннями зовнішніх змінних q_k і відомими значеннями y_j^{icm} , при цьому необхідно, щоб ця тестова ситуація не

використовувалася при розв'язанні екстремальної задачі. Однак оцінки точності, отримані в одній або декількох точках простору зовнішніх змінних $Q = (q_1, q_2, \dots, q_i)$, не дають повних відомостей про можливість застосування моделі в інших точках цього простору. Ці відомості можна отримати при побудові області адекватності (OA) моделі. Визначення та подання OA як області з нелінійними кордонами в багатовимірному просторі вимагає значних обчислювальних ресурсів. Тому замість істинної OA використовують область адекватності, що апроксимується (OAA), наприклад, у вигляді гіперпаралелепіпеда, який вписано в OA і має ребра, паралельні координатним осям простору зовнішніх змінних. Область адекватності, апроксимована у вигляді квадрата у двовимірному просторі з координатними осями q_1 і q_2 . Зручність такої OAA полягає в простоті її подання у вигляді сукупності нерівностей $q_{k \min} \leq q_k \leq q_{k \max}$. Побудова OAA здійснюється за допомогою методів оптимізації допусків. Незважаючи на перехід від OA до OAA , така побудова досить трудомістка.

Тому практично його доцільно виконувати тільки для математичних моделей уніфікованих елементів, що входять до елементної бази протягом тривалого часу.

Вимоги до точності моделювання залежать від ряду факторів: характеру проектної процедури, близькості до завершальних ітерацій і т.п. Використання у всіх випадках одних і тих же математичних моделей елементів, які при цьому повинні бути високоточними, отже, складними і такими, що вимагають великих витрат обчислювальних ресурсів, недоцільно. Тому для певних типів елементів бажано мати кілька математичних моделей, що розрізняються розмірами OA та економічністю. Математична модель елемента, що найбільш точно і всебічно відображає властивості модельованого об'єкта, називається повною моделлю, а математичні моделі елемента, що є менш універсальними і точними, але більш економічними у порівнянні з повною моделлю, називаються макромоделями. Таким чином, повна модель і макромодель розрізняються ступенем деталізації опису об'єкта проектування.

Структурний синтез – найважча для формалізації проектна процедура. У більшості випадків в існуючих САПР синтез виконує людина, а ЕОМ використовується для верифікації пропонованих варіантів. Подальше підвищення ступеня автоматизації проектних

робіт визначається в першу чергу успіхами в постановці й алгоритмізації структурного синтезу.

Процедури структурного синтезу класифікуються за нижченаведеними ознаками.

За цілями синтезу і змістом одержуваних результатів виділяють такі процедури структурного синтезу: вибір принципів побудови і функціонування технічних об'єктів; вибір технічного рішення; синтез технічної документації. Формулювання цілей структурного синтезу залежить перш за все від стадій проектування.

Вибір принципів побудови і функціонування технічних об'єктів проводиться на стадіях передпроектних досліджень і НДР. Його мета – встановлення фізичних, інформаційних, організаційних принципів і т.п. У машинобудуванні таке завдання часто називають визначенням вигляду технічного об'єкта. При проектуванні ЕОМ змістом цієї процедури є вибір архітектурних рішень і побудова структурних схем.

Вибір технічного рішення проводиться переважно на стадіях ДКР у межах раніше встановлених принципів функціонування і має на меті отримання функціональних, принципових, кінематичних схем, конструктивних рішень, технологічних маршрутів виготовлення деталей і т.п.

Синтез технічної документації належить до стадій технічного і робочого проектування і полягає в автоматичному перетворенні даних про схеми і конструкції, виражені внутрішньою мовою САПР, у текстову і креслярську документацію, оформлену за правилами Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД).

За труднощами формалізації процедур синтезу виділяють п'ять рівнів складності.

Задачі першого рівня складності з'являються там, де структура проектованого об'єкта приречена результатами раніше виконаних досліджень і синтез зводиться до вибору числових значень параметрів для заданої структури. Задачі першого рівня – це задачі параметричного синтезу.

Задачі другого рівня складності полягають у виборі структури з кінцевої множини варіантів за умов:

- 1) усі варіанти наперед відомі або їх можна легко одержати;

2) потужність множини варіантів настільки мала, що можливий повний перебір при їх порівняльній оцінці.

Задачі третього рівня складності також зводяться до вибору варіанту в кінцевій множині, але потужність множини достатньо велика, щоб реалізувати повний перебір.

Задачі четвертого рівня складності характеризуються вибором варіанта структури в множинах, потужність яких апріорно невідома і не виключена можливість, що вона необмежена.

Задачі п'ятого рівня складності пов'язані з пошуком рішень, оснований на нових, раніше невідомих або таких, що не використовувалися, ідеях і принципах. У задачах попередніх рівнів існування рішень не бралось під сумнів і вимагалось знайти якнайкраще або прийнятне рішення. У задачах п'ятого рівня досягнення рішення рівноцінне отриманню принципово нового типу технічних об'єктів.

За типом структур, що синтезуються, розрізняють процедури одновимірного, схемного і геометричного синтезу.

Одновимірний синтез полягає в побудові одновимірних послідовностей з елементів деякої природи. Приклади таких послідовностей – описи технологічних процесів у формі маршрутної або операційної технології, обчислювальних процесів – у вигляді алгоритмів і програм для ЕОМ.

Схемний синтез пов'язаний з розробленням різних схем – функціональних, структурних, кінематичних, принципів і т.п., що відображають результати проектування об'єктів до конкретизації їх геометричних форм.

Геометричний синтез виконується при конструюванні виробів і пов'язаний з визначенням їх геометричних форм (синтез форми) і з розташуванням об'єкта або його частин у просторі щодо заданих орієнтирів (задачі позиціонування).

ЛЕКЦІЯ 4

Види та призначення геометричних моделей плану колійного розвитку станцій. Вхідна модель

Геометричні моделі станцій (ГМ) використовуються для забезпечення графічного введення в ЕОМ їх немасштабних схем, автоматизації параметричного синтезу планів колійного розвитку, побудови креслень і підготовки даних для функціонального моделювання.

Для вирішення задачі синтезу планів колійного розвитку станцій сформовано систему геометричних моделей, що використовуються на окремих його етапах (вхідні, внутрішні, вихідні), а також методи їх перетворення. В основу моделей покладено подання схем станцій у вигляді орграфів, вершинам і дугам яких ставляться у відповідність необхідні параметри.

Вхідна модель станції забезпечує можливість графічного введення немасштабної схеми з його візуальним контролем, який дає змогу уникнути трудомісткого ручного кодування і виключити появу помилок. Графічне введення доповнюється параметризацією окремих елементів, яка виконується з використанням принципу умовчання (замість нерегламентованих параметрів використовуються їх найвірогідніші значення – марки стрілочних переводів, радіуси кривих, вставки і т.д.). Вхідна модель забезпечує можливість її автоматичного перетворення у внутрішню модель станції.

Внутрішня модель станції відображає склад елементів станції (колії, стрілочні переводи, сполучні криві, граничні стовпчики, сигнали та ін.), їх взаємне розташування і взаємозв'язок, а також необхідні розміри. Дана модель призначена для автоматичного розрахунку основних параметрів колійного розвитку. Вона включає канонічну модель станції і модель її горизонтальних колій і використовується для розрахунку плану колійного розвитку.

Канонічна модель відображає топологічну структуру станції і може бути подана у вигляді зваженого орграфа. Вершинам орграфа ставляться у відповідність характерні точки плану колійного розвитку станції, а кожна його дуга відповідає ділянці колії між указаними точками.

Горизонтальні колії станції подаються вершинами деревоподібного графа, ребрам якого поставлені у відповідність задані міжколійя.

Після закінчення розрахунків внутрішня модель перетворюється у вихідну та відображає взаємне розташування елементів колійного розвитку станції в просторі і їх геометричну форму та розміри. Вихідна ГМ призначена для візуалізації

результатів розрахунку плану в інтерактивному режимі, а також для побудови креслень. Крім того, на базі вихідної ГМ визначаються будівельні і повні довжини колій, за допомогою яких можуть бути визначені показники якості проекту. Вихідна модель може служити основою для вирішення широкого кола задач, у тому числі і для функціонального моделювання станцій з метою отримання їх техніко-технологічної оцінки.

У цілому інтегроване сімейство ГМ забезпечує ітераційний процес синтезу раціональних планів станцій із заданими властивостями і якнайкращими характеристиками. З цією метою передбачено можливість інтерактивної зміни моделей. При цьому редагування схеми станції (структурний синтез) виконується на рівні вхідної ГМ, а окремих її параметрів (параметричний синтез) – на рівні внутрішньої ГМ. Указані моделі характеризуються універсальністю, даючи змогу виконувати конструювання і розрахунок станцій, а також побудову їх масштабних планів для аналізу роботи за допомогою методів імітаційного моделювання.

Розроблення схеми станції і створення її вхідної моделі характеризується найбільшим рівнем взаємодії проектувальника і ЕОМ. На даному етапі схема колійного розвитку подається у вигляді множини графічних об'єктів Ω_{ex} . При цьому виділяються такі типи об'єктів: дільниця колії e , центр стрілочного перевалу s , вершина кута повороту c , номер колії w , міжколійя m , сигнал q . Кожному об'єкту ставиться у відповідність тип, екранні координати характерних точок $p=(x, y)$ і список конструктивних параметрів.

Дільниця колії (об'єкт LINE) описується такою структурою:

$$e = \{p_{en}, p_{ek}, \mu_e, l\}, \quad (1)$$

де p_{en}, p_{ek} – початкова і кінцева точки відрізка;

μ_e – метод визначення довжини дільниці e ;

l – параметр, що характеризує довжину дільниці e .

Довжина дільниці колії визначається у відповідності до встановленого методу μ_e ($\mu_e \in [0,6]$):

0 – довжина визначається автоматично на основі аналізу схеми;

1 – довжина визначається за різницею координат суміжних точок;

2 – довжина визначається числовим значенням l ;
 3 – довжина визначається шириною міжколійя l ;
 4, 5, 6 – довжина визначається за умови забезпечення корисної довжини l даної колії парку відповідно в парному, непарному і в обох напрямках.

Центри стрілочних переводів (об'єкти SWITCH) і вершини кутів повороту кривих (об'єкти CURVE) описуються структурами:

$$s = \{p_s, N_s, m_s, T_s, c_s\}, \quad (2)$$

$$c = \{p_c, N_c, r_c, \mu_c, \alpha_c, N_T\}, \quad (3)$$

де p_s, p_c – екранні координати відповідно центру стрілочного переводу і вершини кута повороту;
 N_s, N_c – відповідно номер стрілочного переводу і вершини кута повороту кривої;
 m_s – марка хрестовини;
 T_s – тип рейки;
 c_s – наявність електричної централізації;
 r_c – радіус кривої, м;
 μ_c – метод визначення кута (0 – визначається автоматично на основі аналізу схеми; 1 – задано числове значення; 2 – скорочене з'єднання);
 α_c – величина кута повороту;
 N_T – номер розрахункової вершини при розрахунку параметрів кінцевого з'єднання.

Номери колій і міжколійя (об'єкти відповідно WAY і MIDWAY) представляються структурами

$$w = \{p_w, N_w\}, \quad (4)$$

$$m = \{p_m, g_m\}, \quad (5)$$

де p_w, p_m – координати точки вставки номера колії і міжколійя;
 N_w – номер колії;
 g_m – ширина міжколійя.

Сигнали (об'єкти SIGNAL) описуються структурою

$$q = \{p_q, N_q, d_q, k_q\}, \quad (6)$$

- де p_q – координати вставки сигналу;
 N_q – номер сигналу;
 d_q – напрям дії сигналу (0 – в напрямі, протилежному напрямку орієнтації дуг, 1 – у напрямі орієнтації дуг);
 k_q – тип сигналу (0 – щогловий, 1 – карликовий, 2 – карликовий спарений та ін.).

У пам'яті ЕОМ кожний графічний об'єкт подається за допомогою асоціативного списку

$$((\alpha_1 t_1)(\alpha_2 t_2)\dots(\alpha_N t_N)),$$

- де $\alpha_1 \dots \alpha_N$ – ключі, що є цифровим кодом параметрів, що входять у структури (1)-(6) (таблиця 1);
 $t_1 \dots t_N$ – дані, що пов'язані з ключами.

У цілому вхідна модель станції Ω_{ex} є списком графічних об'єктів, які записуються в порядку введення схеми в ЕОМ. На рисунку 1 наведено фрагмент схеми станції, а у таблиці 2 відповідний йому список графічних об'єктів.

Таблиця 1 – Список цифрових кодів параметрів об'єктів вхідної моделі

Ключ	Параметр	Ключ	Параметр
0	Тип об'єкта	31	μ_c
1	N_s, N_c, N_w, N_q	32	$ \alpha_c $
10	Координати точок $p_{en}, p_s, p_c, p_w, p_m, p_q$	33	N_T
11	Координати точки $p_{ек}$	40	μ_e
20	m_s	41	l
21	T_s	50	g_m
22	c_s	60	d_q
30	r_c	61	k_q

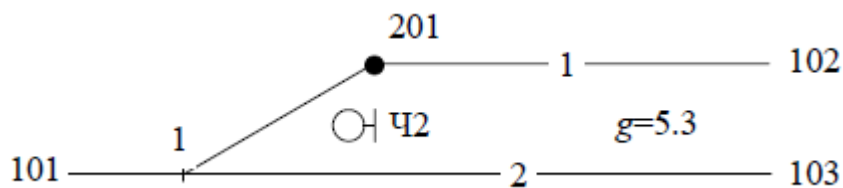


Рисунок 1 – Фрагмент схеми колійного розвитку

Таблиця 2 – Вхідна модель фрагменту схеми станції

Список	Примітка
((0 SWITCH) (1 1) (10 5 5) (20 0) (21 0) (22 1))	Центр переводу 1
((0 CURVE) (1 201) (10 20 15)(30 300) (31 0) (32 0))	Вершина кута повороту 201
((0 LINE) (10 0 5) (11 5 5)(40 0)(41 0))	Відрізок 101-1
((0 LINE) (10 5 5) (11 50 5)(40 0)(41 0))	Відрізок 1-103
((0 LINE) (10 5 5) (11 20 15)(40 0)(41 0))	Відрізок 1-201
((0 LINE) (10 20 15) (11 50 15)(40 0)(41 0))	Відрізок 201-102
((0 WAY) (1 1) (10 30 15))	Номер колії 1
((0 WAY) (1 2) (10 25 5))	Номер колії 2
((0 MIDWAY) (10 40 10)(50 5.3))	Міжколійя 2-1
((0 SIGNAL) (1 Ч2) (10 20 10) (60 0) (61 0))	Сигнал Ч2

ЛЕКЦІЯ 5

Канонічна модель плану станції (частина 1)

Канонічна модель плану колійного розвитку станції повинна забезпечити:

- вхідний контроль введеної інформації;
- можливість зміни окремих параметрів схеми, заданих за умовчанням;
- аналіз, автоматичне розпізнавання типових елементів схеми колійного розвитку і вибір програмних модулів для розрахунку;
- комплексний розрахунок плану колійного розвитку і побудова вихідної моделі.

Для реалізації процедур автоматизованого синтезу колійного розвитку станцій найбільш прийнятними є ГМ, що основані на

зважених орграфіях. До складу канонічної моделі станції повинні входити топологічна і параметрична моделі. Топологічна модель відображає склад елементів станції (колії, стрілочні переводи, сполучні криві та ін.), їх взаємне розташування і взаємозв'язок. Параметрична модель містить відомості про форму і геометричні розміри відповідних елементів.

Топологічна модель станції є орієнтований граф $G=(V,E)$, у якому виділено три підмножини вершин: V^S , V^C і V^W . Вершини $v_i \in V^S$ є центрами стрілочних переводів (ЦП), вершини $v_j \in V^C$ – вершинами кутів повороту кривих (ВКП), вершини $v_k \in V^W$ – кінцями колій (КК). Дуга графа $e=(v,u)$ позначається впорядкованою парою, що складається з початкової v і кінцевої u вершин; її напрям задано від вершини v до вершини u . Прийнято, що всі дуги орієнтовані зліва направо.

Ступінь вершини орієнтованого графа $\deg v$ визначається числом інцидентних їй дуг

$$\deg v = d^+(v) + d^-(v),$$

де $d^+(v)$, $d^-(v)$ – відповідно напівступені виходу і заходу вершини v , які визначаються як множина всіх дуг, що виходять з вершини v і заходять в неї,

$$d^+(v) = |\Gamma(v)| \quad \text{і} \quad d^-(v) = |\Gamma^{-1}(v)|,$$

де $\Gamma(v)$ – множина вершин, що є кінцевими вершинами дуг, у яких початковою вершиною є v ;

$\Gamma^{-1}(v)$ – множина вершин, що є початковими вершинами дуг, у яких кінцевою вершиною є v .

Напівступені вершин $v_i \in V^S$ орієнтованого графа G дають змогу ідентифікувати тип вершини (ЦП – $\deg v = 3$, ВКП – $\deg v = 2$, КК – $\deg v = 1$), а також визначити напрям укладання стрілочних переводів (якщо $d^+(v) = 2$ і $d^-(v) = 1$ – **перевід** протишерстний; якщо $d^+(v) = 1$ і $d^-(v) = 2$ – **перевід** пошерстний). Максимальний напівступінь кожної вершини не перевищує двох.

Згідно з теорією графів сума напівступенів виходу всіх вершин графа дорівнює сумі напівступенів заходу і числу його дуг

$$\sum_{i=1}^n d^+(v_i) = \sum_{i=1}^n d^-(v_i) = m,$$

де n , m – відповідно число вершин і дуг графа G .

Дане твердження використовується для вхідного контролю даних про схему станції.

Для подання орієнтованого графа станції в ЕОМ прийнята структура даних, що називається списками інцидентності. Вказані списки містять для кожної вершини $v \in V$ список вершин u таких, що $v \rightarrow u$. При цьому, оскільки напівступінь виходу кожної вершини графа G не перевищує двох, то для подання кожного списку достатньо двох змінних в пам'яті ЕОМ.

Для розділення множини вершин графа G на підмножини V^S , V^C і V^W кожному з них виділені непересічні групи номерів: $N^S = \{1, 2, \dots, 99\}$, $N^W = \{101, 102, \dots, 199\}$, $N^C = \{201, 202, \dots, 299\}$.

Нижче наведено приклад списків інцидентності вершин $v_i \in V$ графа G , показаного на рисунку 2 (таблиці 3).

Перший стовпець матриці є списком усіх вершин графа; у рядках двох інших стовпців – списки інцидентності відповідних вершин.

Таблиця 3 – Списки інцидентності вершин орграфа G

N	N_{II}	N_B	N	N_{II}	N_B
2	+14	4	7	+3	202
4	12	0	9	5	0
6	+4	8	201	9	0
8	103	+18	202	203	0
12	16	14	203	1	0
14	7	0	101	2	0
16	09	18	102	6	0
18	201	0	103	0	0
1	105	0	104	0	0
3	+1	0	105	0	0
5	104	3			

Для зручності аналізу схем станцій прийнято, що першим у

списку для вершин $v_i \in V^S$ з напівступенем виходу $d^+(v_i)=2$ (протишерстні переводи) указується номер вершини u_1 , з якою дана стрілка (вершина v_i) зв'язана по прямій колії (звичайний перевід) або правій колії (симетричний перевід); другим у списку указується номер іншої вершини u_2 , суміжної з v_i .

Для вершин $v_i \in V^C$ з напівступенем виходу $d^+(v_i)=1$ (ВКП, ЦП пошерстних стрілок) другого елемента списку немає. Для вершин $v_i \in V^W$ з напівступенем виходу $d^+(v_i)=0$ (КК) немає обох елементів списку.

Слід зазначити, що при прийнятому способі подання орграфа G для деяких вершин $v_i \in V^S$, $d^+(v_i)=1$ (ЦП пошерстних стрілок) неможливо визначити з моделі кути нахилу суміжних відрізків. Тому за наявності вхідної моделі ці кути встановлюються на підставі екранних координат вершин відрізків, а при табличному введенні внутрішньої моделі в списках інцидентності необхідно кінцеві вершини дуг, що заходять в такі ЦП по прямій колії, помітити знаком «+».

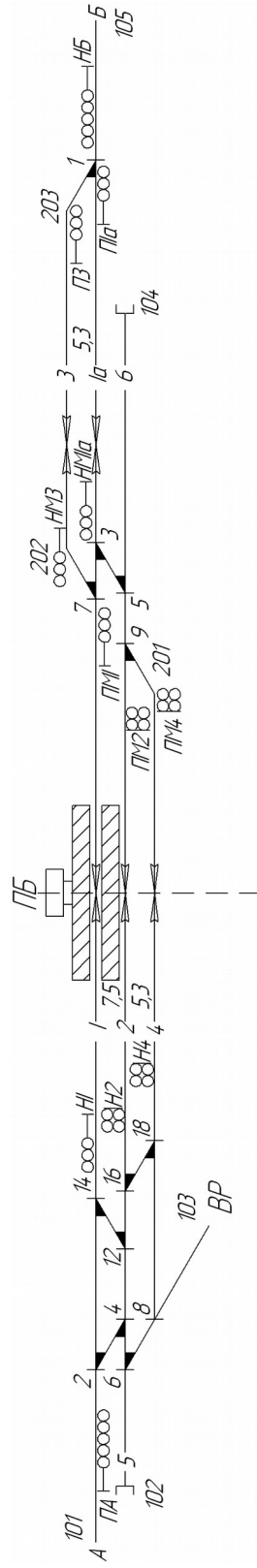


Рисунок 2 – Орграф $G=(V,E)$ схеми станції А

ЛЕКЦІЯ 6

Канонічна модель плану станції (частина 2).

Модель горизонтальних колій.

Подання сигналів у внутрішній моделі станції

Орграф схеми станції $G=(V,E)$ є зваженим. Кожна вершина підмножин V^S , V^C і V^W характеризується деяким вектором параметрів (відповідно X^S , X^C і X^W). У зв'язку з цим списки інцидентності вершин орграфа G доповнюються сукупностями відповідних параметрів X . Остаточний вид канонічної моделі для схеми, показаної на рисунку 2, наведено в таблиці 4. Нижче розглянуто особливості визначення векторів параметрів X для кожного з типів вершин. Зокрема, для вершин $v_i \in V^S$ (ЦП) повинні бути задані номер колії w , тип стрілочного переводу τ_c , його напрям S і, при необхідності, довжини прямих вставок f_{Π} і f_B до вершин, суміжних з v_i ($X^S = \{w, \tau_c, S, f_{\Pi}, f_B\}$).

Для кожної вершини v_i , що розташована на одній з горизонтальних колій, повинен бути вказаний ненульовий номер w цієї колії. Приналежність вершини деякій горизонтальній колії дає змогу надалі визначити її ординату ($Y(v_i) = Y(w)$), використовуючи задані значення ширини міжколій. Якщо деяка вершина v_i не належить жодній з горизонтальних колій, то для неї приймається $w = 0$.

Тип стрілочного переводу τ_c являє собою номер ($\tau_c = 0, 1, \dots$), під яким даний стрілочний перевід записаний у таблиці характеристик. Характеристики стрілочного переводу включають марку хрестовини $1/N$, тип рейки, основні розміри (a , b), кут стрілки α і його тригонометричні функції, а також вставку k_0 .

Напрямок стрілочного переводу S дає змогу розрізняти лівобічні ($S = 0$) і правобічні ($S = 1$) стрілочні переводи.

Окрім перерахованих параметрів, в особливих випадках указують також дані про прямі вставки, що укладаються вправо від даного стрілочного переводу у напрямі прямої (f_{Π}) і/або бічної (f_B) колій. Як правило, вказані прямі вставки визначаються автоматично за схемою взаємного розташування стрілок і в початкових даних не наводяться. Дані про них потрібно вказувати лише в таких випадках:

- при необхідності вибору величини конструктивної вставки,

відмінної від установленної інструкцією для даної схеми взаємного розташування стрілок;

– при необхідності задати довжину однієї з колій парку для переходу з лівої горловини в праву (при розрахунку координат).

У цих двох випадках вставка, що задається, являє собою число в межах $0 < f < 9999$.

Таблиця 4 – Канонічна модель станції А

N	N_{II}	N_B	w	τ_c	S	f_{II}	f_B	
2	+14	4	I	2	1			
4	12	0	2	2	1			
6	+4	8	2	0	1			
8	103	+18	4	0	0			
12	16	14	2	0	0			
14	7	0	I	0	0			
16	09	18	2	0	1			
18	201	0	4	0	1			
1	105	0	Ia	0	1			
3	+1	0	Ia	2	0			
5	104	3	2	2	0			
7	+3	202	I	0	0			
9	5	0	2	0	0			
N	N_{II}	N_B	w	R	f_{II}	α^o	α'	α''
201	9	0	4	200				
202	203	0	3	200				
203	1	0	3	200				
N	N_{II}	N_B	w	f_{II}				
101	2	0	I					
102	6	0	5					
103	0	0	0					
104	0	0	6					
105	0	0	Ia					

В окремих випадках (рисунок 3) величина вставки f визначається шириною деякого міжколійя g , яку не можна визначити зі схеми за різницею ординат горизонтальних колій. У цих випадках замість вставки f необхідно задати величину необхідного міжколійя g із знаком «-»; інакше буде прийнято його стандартне

значення $g = 5,3$ м.

Якщо ж необхідну ширину міжколійя можна визначити за різницею ординат горизонтальних колій (рисунок 4), то величину g , навпаки, задавати не слід.



Рисунок 3 – Схеми взаємного розташування стрілочних переводів, що вимагають явного задання ширини міжколійя g

Нарешті, у випадках, коли величина вставки повинна бути визначена за різницею координат суміжних точок, тоді замість вставки указується число 9999. Звичайно це буває, коли відстань між суміжними стрілочними переводами визначається за умови замкнутості деякого контуру в схемі, а також коли вона залежить від заданої довжини однієї з колій парку.



Рисунок 4 – Схеми взаємного розташування стрілочних переводів, у яких ширина міжколійя g визначається автоматично

Перераховані можливості забезпечують необхідну гнучкість при проектуванні колійного розвитку станції.

Для вершин $v_i \in V^c$ (ВКП) повинні бути задані номер колії W і радіус кривої R , а при необхідності – довжина прямої вставки f_{Π} на відрізку до вершини, суміжної з v_i , і кут повороту кривої α ($X^c = \{W, R, f_{\Pi}, \alpha\}$).

Кут α і/або пряму вставку f_{Π} слід обов'язково задавати в тих випадках, коли вони не можуть бути визначені автоматично з

відповідного фрагмента схеми. Звичайно це буває, коли невідомі або однакові ординати меж відрізка (за їх різницею неможливо визначити значення параметрів f_{π} і α).

У випадку, коли крива є елементом скороченого кінцевого з'єднання колій, величина кута повороту не може бути знайдена зі схеми як сума стрілочних кутів, що його створює. У цьому випадку один з параметрів (кут α або вставка f_{π}) може бути розрахований за даними про з'єднання. При цьому інший параметр повинен бути заданий.

Для розрахунку невідомого кута повороту кривої α в скороченому з'єднанні необхідно визначити розрахункову колію і вказати в моделі для початкової вершини розрахункової колії його кінцеву вершину, а також довжину вставки f_{π} між ними.

При необхідності може бути розрахована невідома вставка f_{π} при заданому значенні кута в скороченому з'єднанні, яке в цьому випадку повинне бути вказане в моделі.

Кут повороту повинен бути виражений у градусах, хвилинах і секундах із знаком (указують знак плюс, якщо поворот колії від первинного напрямку проти годинникової стрілки). При цьому необхідно дотримуватися прийнятої орієнтації дуг графа схеми – зліва направо.

Нарешті, для вершин $v_i \in V^W$ (КК) може бути задана відстань f_{π} до вершини, суміжної з v_i , у випадках, коли відповідна колія в схемі станції має певну довжину (наприклад, тупикова колія заданої довжини). У решті випадків приймається $f_{\pi} = 0$; при цьому відповідна колія на плані вирівнюється по крайньому лівому кінцю креслення станції.

Горизонтальні колії станції можуть бути подані за допомогою деревоподібного графа $D = (W, H)$, де W – множина вершин, що представляють горизонтальні колії станції (парку, горловини), H – множина ребер, які відповідають міжколійям, що розділяють указані колії.

Кожна колія в графі D характеризується вектором параметрів

$$R = \{w, Y, C_{\kappa}, \eta\},$$

де Y – ордината колії;
 C_k – категорія колії (головна, приймально-відправна, інша);
 η – умови укладання стрілочних переводів (нормальні, обмежені).

Один із вузлів дерева, відповідний колії із заданою ординатою, є його корінням r . Кожному ребру дерева ставиться у відповідність ширина міжколійя, що задана між коліями, вказаними у відповідних вузлах. Відповідно до визначення дерева число міжколійїв (ребер) незалежно від конфігурації схеми дорівнює $M-1$, де M – число вузлів (колій у схемі). Запропонована деревоподібна структура є зручним засобом для визначення ординат Y усіх горизонтальних дільниць колій станції і точок, що належать їм, за заданою ординатою опорної точки Y_0 , що міститься на одній з них, і шириною міжколійїв. Машинне подання дерева засноване на використуванні зв'язних списків. При цьому кожний вузол дерева містить вектор параметрів R , а також покажчик на колію-предок і відстань S до осі цієї колії.

Для розрахунку ординат горизонтальних колій станції значення ширини міжколійїв E подається у вигляді списку, у якому для кожної з них указані номери нижньої $w_{нк}$ і верхньої $w_{вк}$ колій, а також величина E . Крім того, для розрахунку координат точок плану станції повинна бути задана опорна точка, до якої здійснюється прив'язка координат решти його точок. Як опорна точка вибирається один з ЦП (номер вершини N_0), який міститься на горизонтальній колії станції; для даного ЦП повинні бути задані координати X_0 і Y_0 .

Указані дані для станції, схема якої показана на рисунку 2, наведено в таблиці 5.

У внутрішній моделі сигнали подано списком \mathcal{Q} , кожний елемент якого описується структурою

$$q = \{v, z, k_q, N_q\},$$

де z – напрям установлення сигналу щодо стрілочного переводу:
 0 – за хрестовиною на прямій колії; 1 – за хрестовиною на бічній колії; 2 – у створі ізолювального стику рамної рейки.

Таблиця 5 – Внутрішня модель горизонтальних колій станції

N_0	X_0	Y_0
2	56	110
$w_{нк}$	$w_{ек}$	$E, м$
2	1	7,5
4	2	5,3
Ia	3	5,3

Номер сигналу N_q і його тип k_q установлюють за даними вхідної моделі.

Подання сигналів у внутрішній моделі станції А наведено у таблиці 6.

Таблиця 6 – Внутрішня модель сигналів станції А

v	z	k_q	N_q
2	2	0	ПА
14	2	0	НІ
16	0	2	Н2
18	2	2	Н4
7	2	0	ПМ1
9	0	2	ПМ2
9	1	2	ПМ4
1	0	0	Па
1	1	0	ПЗ
1	2	0	НБ
7	1	0	НМЗ
3	2	0	НМІа

ЛЕКЦІЯ 7

Канонічна модель спускної частини гірки.

Модель сортувальних колій

Модель гіркової горловини може бути подана у вигляді орієнтованого бінарного дерева $G_T = (V, E)$ з корінням $r \in V$. У дереві виділено три підмножини вершин: V^S , V^C і V^W . Вершини $v_i \in V^S$ є ЦП, $v_j \in V^C$ – ВКП кривих на спускній частині гірки, вершини $v_k \in V^W$ – ВКП кривих на сортувальних коліях. Прийнято, що корінням дерева повинна бути головна стрілка горловини ($r \in V^S$).

Дуга дерева $e = (v, u)$ позначається впорядкованою парою, що складається з початкової v і кінцевої u вершин; напрям заданий від вершини v до вершини u . Прийнято, що всі дуги орієнтовані зліва

направо.

Напівступені результату вершин v залежать від їх типу. Для більшості стрілочних переводів (вершини $v_i \in V^S$) $d^+(v_i)=2$. Виняток становить головна стрілка (коріння дерева r), для якої $d^+(r)=1$, якщо вона пошерстна. Для пошерстних стрілок, які можуть укладатися для забезпечення виходу з крайніх колій сортувального парку в обхід горба гори, також $d^+(v_i)=1$. Для ВКП на спускній частині гірки ($v_j \in V^C$) $d^+(v_j)=1$, на сортувальних коліях ($v_k \in V^W$) – $d^+(v_k)=0$. Напівступені заходу всіх вершин, окрім коріння, за визначенням бінарного дерева рівні одиниці ($d^-(v)=1$); для коріння $d^-(r)=0$. Таким чином, для ідентифікації вершин дерева недостатньо інформації про їх напівступені результату і заходу; для розділення множини вершин v дерева G_r на підмножини V^S , V^C і V^W використовуються нумерація вершин.

Нумерація вершин дерева G_r здійснюється в нижченаведеному порядку. Спочатку вершини $v_i \in V^S$ і $v_j \in V^C$ об'єднують в одну загальну групу і кожній з них присвоюють порядковий номер ($v_i = 1, 2, \dots, 99$). При цьому головна стрілка повинна бути в списку вершин першою ($r=1$); решта вершин може бути розташована в довільному порядку. Потім для ідентифікації типу вершин номери ВКП ($v_j \in V^C$) збільшують на 100, так щоб $v_i < 100$, $v_j > 100$.

Колії сортувального парку нумерують послідовними номерами $m = 1, 2, \dots, M$ (M – число колій у парку), починаючи із найбільш віддаленого від осі парку. ВКП на сортувальних коліях ($v_k \in V^W$) присвоюють номери відповідних колій, збільшені на 200 ($v_k = 201, 202, \dots, 200 + M$). Приклад нумерації вершин горловини наведено на рисунку 5.

Для подання дерева G_r в ЕОМ використовуються списки інцидентності. Ураховуючи, що G_r є орієнтованим бінарним деревом, кожній його вершині інцидентні не більше двох дуг ($v \rightarrow u_n$ і $v \rightarrow u_n$). При цьому у всіх випадках необхідно розрізняти ліву u_n і праву u_n вершини, суміжні з вершиною v . Орієнтація здійснюється за напрямком кута повороту у вершині v (куту повороту проти годинникової стрілки відповідає дуга $v \rightarrow u_n$).

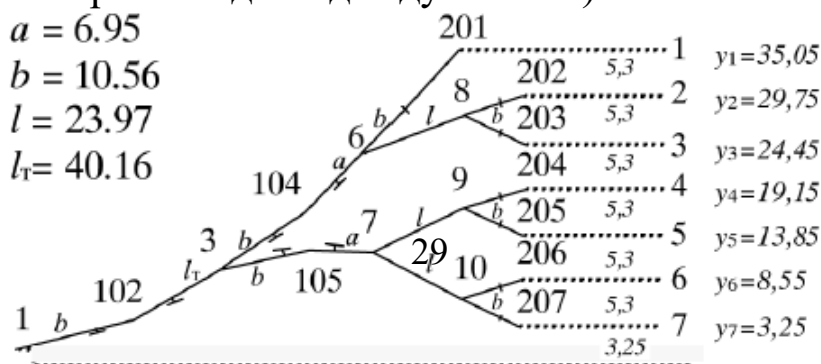


Рисунок 5 – Схема гіркової горловини

Кожній вершині v дерева G_T поставлений у відповідність вектор параметрів $(X_i^S, X_j^C$ і $X_k^W)$, компоненти якого визначаються типом вершини:

а) стрілочний перевід ($v_i \in V^S$):

$$X^S = (l_n, l_n),$$

де l_n, l_n – довжина прямолінійної частини відповідно дуг $v \rightarrow u_n$ і $v \rightarrow u_n$;

б) ВКП на спускній частині ($v_j \in V^C$):

$$X^C = (\alpha, l, R, \psi),$$

де α – абсолютна величина кута повороту; якщо $\alpha = 0$, це є ознакою необхідності розрахунку кута програмою;

l – довжина прямолінійної частини дуги ($v \rightarrow u$);

R – радіус кривої;

ψ – ознака включення довжини кривої в довжину відрізка l (при $\psi = 1$ задана довжина відрізка l зменшується на довжину кривої l_c ($l' = l - l_c$); при $\psi = 0$ задана довжина відрізка l зберігається незалежно від довжини кривої l_c);

в) ВКП на сортувальній колії ($v_k \in V^W$):

$$X^W = (Y, R),$$

де Y – ордината колії щодо осі сортувального парку;
 R – радіус кривої.

Внутрішню модель гіркової горловини, що зображена на рисунку 5, наведено в таблиці 7.

Необхідно помітити, що задані на першому етапі вершини V^W є умовними і використовуються для опису топології проєктованої схеми. Насправді в кінцевих з'єднаннях на деяких коліях парку на наступному етапі проєктування доводиться укладати додаткові криві (ВКП V^B). ВКП вказаних кривих ($v'_k \in V^B$) ділять відповідні дуги (v_i, v_k), $v_i \in V^S$, $v_k \in V^W$ на дві нові дуги: (v_i, v'_k) і (v'_k, v_k). Додатковим вершинам v'_k присвоюються номери основних вершин, збільшені на 100 ($v'_k = 301, 302, \dots, 300 + M$). Зазвичай вказані вершини і пов'язані з ними параметри з'являються вже в процесі проєктування і в початковий опис конструкції горловини не включаються. Проте, в деяких випадках, наприклад, на проміжних етапах проєктування, додаткові вершини включають в опис схеми. В цих випадках вектор X^W включає компоненти:

$$X^W = (Y, R, \alpha_d, R_d, K_d),$$

де α_d – кут повороту додаткової кривої з урахуванням знака (знак плюс при повороті проти годинникової стрілки);

R_d – радіус додаткової кривої;

K_d – довжина додаткової прямої вставки, що укладається між хрестовиною останнього стрілочного перевалу і початком додаткової кривої; за відсутності вставки приймається $K_d = 0$.

Таблиця 7 – Внутрішня модель гіркової горловини

v	u_l	u_n	α^o	α'	α''	l_l	l_n	R	ψ
1	102	0	0	0	0	10,56	0	0	0
102	3	0	0	0	0	40,16	0	200	0
3	104	105	0	0	0	10,56	10,56	0	0
104	6	0	1	50	52	6,95	0	200	0
105	0	7	1	50	52	0	6,95	200	0

6	201	8	0	0	0	10,56	23,97	0	0
7	9	10	0	0	0	23,97	23,97	0	0
8	202	203	0	0	0	10,56	10,56	0	0
9	204	205	0	0	0	10,56	10,56	0	0
10	206	207	0	0	0	10,56	10,56	0	0

Слід помітити, що довжина вставки між основною і додатковою кривими не задається, оскільки вона може бути розрахована за рештою відомих даних.

Кожній вершині кута повороту на сортувальній колії ставиться у відповідність вектор параметрів X_w :

$$X_w = (Y, R),$$

де Y – ордината колії щодо осі сортувального парку;
 R – радіус кривої.

Слід помітити, що радіуси кривих на розрахункових коліях зі скрутними умовами вписування звичайно приймають рівними мінімальному значенню 180 м.

Список указаних параметрів X_w для гіркової горловини, схема якої показана на рисунку 5, наведений у таблиці 8.

Таблиця 8 – Модель сортувальних колій гіркової горловини

ВК	Y	R
201	35,05	180
202	29,75	200
203	24,45	200
204	19,15	200
205	13,85	200
206	8,55	200
207	3,25	200

Для прив'язки гіркової горловини до існуючої системи координат повинні бути задані координати головної стрілки в цій системі X_1, Y_1 . У практиці проектування гіркових горловин

прийнято нижченаведені угоди. Гіркова горловина ділиться віссю сортувального парку на дві частини – ліву і праву, проектування яких виконується, як правило, незалежно. Проектування ведеться в прямокутній системі координат у першій чверті; якщо гіркова горловина розташована по іншому, то вона заздалегідь відповідним чином розвертається. За вісь абсцис OX прийнята вісь сортувального парку; вісь ординат проходить через головну стрілку горловини (див. рисунок 5).

При прийнятій деревоподібній структурі подання горловини за наявності в її конструкції перехресного з'їзду як початковий приймається звичайно вихідний (пошерстний) стрілочний перевід цього з'їзду (коріння дерева). У зв'язку з цим для збереження загальноприйнятого початку координат передбачається можливість задання координат (x_1, y_1) початкової стрілки в системі OXY .

Для розрахунків кутів нахилу до осі OX усіх елементів горловини повинен бути заданий кут нахилу φ базисного елемента горловини до осі OX ; як базисний елемент прийнята вісь симетрії початкового стрілочного переводу.

Для визначення положення паркових гальмових позицій необхідно вказати мінімальну ширину міжколійя e_{\min} , при якій можна встановлювати уповільнювачі на паркових коліях.

ЛЕКЦІЯ 8

Вихідні моделі плану колійного розвитку станцій

Вихідна модель колійного розвитку станцій повинна містити сукупність параметрів, необхідних для вирішення поставленої задачі. Система геометричних моделей може бути використана для вирішення достатньо широкого кола задач – побудови масштабних планів і схем станцій, підготовки технічної документації, організації інтерактивного синтезу планів колійного розвитку станцій складної конструкції, створення функціональних моделей для імітаційного моделювання та ін.

8.1 Розрахункові параметри плану колійного розвитку

Універсальною формою вихідної моделі є сукупність розрахункових параметрів плану колійного розвитку станцій, яка включає дані про криві, що сполучають, відстані між характерними точками плану і їх координати.

Інформація про параметри кривих, що сполучають, подається структурами:

$$C_i = \{v, \alpha, R, T, K\}, \quad i = 1, 2, \dots, n_c,$$

де v – номер вершини $v \in V^C$;

α – кут повороту кривої в градусах, хвилинах, секундах;

R – радіус кривої;

T – тангенс кривої;

K – довжина кривої;

n_c – число кривих на плані.

Дані про відстані між характерними точками плану (центрами стрілочних переводів, вершинами кутів повороту, кінцями колій) подаються структурами:

$$E_j = \{v, u, l, f\}, \quad j = 1, 2, \dots, n_E,$$

де v, u – номери відповідно лівої і правої точок відрізка;
 l – загальна відстань між точками;
 f – довжина прямої вставки;
 n_E – число відрізків плану.

Координати характерних точок плану подаються структурами:

$$P_k = \{v, x, y\}, \quad k = 1, 2, \dots, n_P,$$

де v – номер вершини;
 x, y – координати точки в локальній системі;
 n_P – число точок на плані.

Для розрахунку показників проекту за даними вихідної моделі визначаються будівельна L_{σ} і повна L_n довжини колій

$$L_{\sigma} = \sum_{i=1}^{n_{\sigma}} K_i + \sum_{j=1}^{n_E} f_j;$$

$$L_n = L_{\sigma} + 2 \cdot \sum_{q=1}^{n_k} L_{o_q},$$

де L_o – повна довжина стрілочного перевodu.

Вихідна модель гіркової горловини містить списки параметрів кривих, що сполучають, на спускній частині гірки і на сортувальних коліях, дані про відстані між точками і координати центрів стрілочних переводів. Крім того, для гіркових горловин вихідна модель додатково включає координати точок, що визначають місця можливого установаження уповільнювачів на сортувальних коліях, а також суми кутів повороту на маршрутах скочування відчепів.

Дані про можливе розташування паркових уповільнювачів подаються структурами:

$$R_g = \{g, g + 1, x, y\}, \quad g = 1, 2, \dots, n_w - 1,$$

де g – номер сортувальної колії;

x, y – координати точки, що міститься між коліями $(g, g + 1)$ і віддалена від них на відстань $e_{\min} / 2$, при якій допускається установа паркових уповільнювачів;

n_w – число сортувальних колій у парку.

Інформація про суми кутів повороту по маршрутах скочування відчепів з гірки, необхідна для вибору розрахункової важкої колії при визначенні висоти гірки, подається списком структур:

$$A_g = \{g, \sum \alpha_c, \sum \alpha_n, \sum \alpha\}, \quad g = 1, 2, \dots, n_w,$$

де $\sum \alpha_c, \sum \alpha_n, \sum \alpha$ – суми кутів повороту на маршруті скочування відчепів на колію g відповідно на спускній частині гірки, на сортувальній колії і загальна.

8.2 Модель для інтерактивного проектування великих станцій

Система геометричних моделей забезпечує розрахунок плану колійного розвитку окремої горловини або відносно нескладних станцій з прямолінійними горизонтальними коліями. Великі станції, що складаються з декількох парків, а також станції, які цілком або частково розташовуються на кривих, необхідно розбити на базові елементи (блоки), у межах яких колії залишаються прямолінійними і горизонтальними. Для кожного блока виконуються попередні розрахунки, результати яких подаються у вигляді вихідної моделі певної структури. Надалі вихідні моделі блоків використовуються для їх об'єднання в загальному плані станції, яке здійснюється в інтерактивному режимі. Указаний режим забезпечує можливість вибору й оперативної зміни положення кожного блоку на плані станції. При цьому будь-яке об'єднання блоків можна знову розглядати як окремий блок, використовуючи його для продовження процесу автоматизованого проектування великих станцій.

Таким чином, план колійного розвитку великої станції може бути поданий сукупністю блоків B_1, B_2, \dots, B_n , де n – число блоків.

Кожний блок представляється вихідною моделлю B_i , що містить дані про його елементи:

$$B = \{G, v_o\},$$

де G – орієнтований граф схеми колійного розвитку блока;
 v_o – базова вершина (опорна точка).

Орієнтований граф $G = (V, E)$ подається множиною вершин $v_i \in V$, кожна з яких характеризується вектором

$$v = \{N, N_p, N_b, x, y, Z\},$$

де N – номер вершини;
 N_p, N_b – номер вершини відповідно по прямій і боковій коліях;
 x, y – координати вершини в локальній системі координат блока;
 Z – список конструктивних параметрів.

Значення параметрів списку Z залежать від типу вершини: для ЦП даний список містить тип стрілочного перевалу, для ВКП – значення радіуса кривої, для КК – тип закінчення (0 – кінець колії, 1 – упор).

Для розміщення блока на загальному плані йому необхідно присвоїти номер (ім'я) N_b і вказати його положення в глобальній системі координат; ці дані для кожного блока подаються структурою

$$P = \{N_b, \varphi, X, Y\},$$

де N_b – номер (ім'я) блока;
 φ – кут повороту блока щодо початку координат глобальної системи;
 X, Y – координати точки розміщення початку координат блока в глобальній системі координат.

Параметри (φ, X, Y) є змінними величинами і можуть інтерактивно змінюватися в процесі проектування.

У процесі побудови плану станції певні колії пари об'єднаних блоків B_i, B_j сполучаються круговими кривими. Для реалізації вказаної процедури для колій, що сполучаються, повинен бути

заданий список структур:

$$U_k = \{N_i, v_{ik}, N_j, v_{jk}, R_k\}, \quad k = 1, 2, \dots, m,$$

де N_i, N_j – номери об'єднаних блоків;
 v_{ik}, v_{jk} – номери вершин КК ($v_k \in V^W$), що обмежують колії, які сполучаються, в блоках;
 R_k – радіус кривої, що сполучає;
 m – число пар колій, що сполучаються.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Модели, методы и алгоритмы автоматизированного проектирования железнодорожных станций [Текст]: монография / В.И. Бобровский, Д.Н. Козаченко, Р.В. Вернигора, В.В. Малашкин. – Днепропетровск: Маковецкий, 2010. – 156 с.

2 Головнич, А.К. Автоматизация проектирования

железнодорожных станций [Текст] / А.К. Головнич. – Гомель: Белгуд, 2001. – 201 с.

3 Правдин, Н.В. Основы автоматизации проектирования железнодорожных станций [Текст] : монография / Н.В. Правдин, А.К. Головнич, С.П. Вакуленко; под общ. ред. Н.В. Правдина. – М.: Маршрут, 2004. – 400 с.

4 Негрей, В.Я. Автоматизация проектирования железнодорожных станций и узлов [Текст] / В.Я. Негрей, М.Н. Луговцов, Я.А. Перегуд. – Гомель: БелГУТ, 1998. – 78 с.

5 Сологуб, Н.К. Автоматизированное проектирование железнодорожных станций [Текст] / Н.К. Сологуб, А.Т. Осьминин. – Куйбышев, 1990. – 83 с.

6 Огарь, А.Н. Автоматизированное проектирование железнодорожных станций и узлов [Текст]: конспект лекций / А.Н. Огарь, Д.С. Лючков, Е.С. Щурова. – Харьков: УкрГАЗТ, 2009. - Ч. 2 – 78 с.

