

ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНІКИ ТА ЗВ'ЯЗКУ
Кафедра „Автоматика і комп'ютерне телекерування рухом
поїздів”

ФОРМАЛІЗАЦІЯ УМОВ БЕЗПЕКИ РУХУ ПОЇЗДІВ
ТА ВИКОНАННЯ МАНЕВРОВОЇ РОБОТИ
НА СТАНЦІЇ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних занять, самостійної роботи,
курсowego та дипломного проектування з дисципліни
«СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ СКЛАДНИХ СИСТЕМ
УПРАВЛІННЯ»

Харків – 2010
Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано

до друку на засіданні кафедри «Автоматика та комп'ютерне телекерування рухом поїздів» 30 жовтня 2008 р., протокол № 4.

Описано методику формального опису ворожості маршрутів на станції за допомогою теоретико-множинного підходу. Методичні вказівки містять всю необхідну інформацію до лабораторних занять, самостійної підготовки, виконання курсового та дипломного проекту.

Методичні вказівки призначені для студентів спеціальності «Автоматика та автоматизація на транспорті», що вивчають дисципліну «Системний аналіз складних систем управління» всіх форм навчання.

Укладачі:

доц. В.П. Мороз,
асистенти С.О. Змій,
Р.В. Турчинов

Рецензент

проф. В.Ш. Хісматулін

ФОРМАЛІЗАЦІЯ УМОВ БЕЗПЕКИ РУХУ
ПОЇЗДІВ ТА ВИКОНАННЯ МАНЕВРОВОЇ
РОБОТИ НА СТАНЦІЇ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних занять, самостійної роботи, курсового та
дипломного проектування з дисципліни
«СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ СКЛАДНИХ СИСТЕМ
УПРАВЛІННЯ»

Відповідальний за випуск Мороз В.П.

Редактор Буранова Н.В.

Підписано до друку 31.03.09 р.
Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.
Умовн.-друк.арк. 1,5. Обл.-вид.арк. 1,75.
Замовлення № Тираж 200. Ціна

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК № 2874 від. 12.06.2007 р.
Друкарня УкрДАЗТу,
61050, Харків - 50, майд. Фейербаха, 7

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНІКА
ТА ЗВ'ЯЗОК

Кафедра «Автоматика та комп'ютерне телекерування
рухом поїздів»

ФОРМАЛІЗАЦІЯ УМОВ БЕЗПЕКИ РУХУ ПОЇЗДІВ ТА
ВИКОНАННЯ МАНЕВРОВОЇ РОБОТИ НА СТАНЦІЇ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ,
САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ, КУРСОВОГО ТА
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУВАННЯ
З ДИСЦИПЛІНИ
«СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ СКЛАДНИХ СИСТЕМ
УПРАВЛІННЯ»

Для студентів спеціальності 7(8).092507.01
«Автоматика і автоматизація на транспорті»
всіх форм навчання

Харків 2010

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Автоматика та комп'ютерне телекерування рухом поїздів» 30 жовтня 2008 р., протокол № 4

Описано методику формального опису ворожості маршрутів на станції за допомогою теоретико-множинного підходу. Методичні вказівки містять всю необхідну інформацію до лабораторних занять, самостійної підготовки, виконання курсового та дипломного проекту.

Методичні вказівки призначені для студентів спеціальності «Автоматика та автоматизація на транспорті», що вивчають дисципліну «Системний аналіз складних систем управління» всіх форм навчання.

Укладачі:

доц. В.П. Мороз
асист. С.О. Змій
асист. Р.В. Турчинов

Рецензент

проф. В.Ш.Хісматулін

ЗМІСТ

	Вступ	4
1	Короткі відомості з теорії множин	5
2	Використання теоретико-множинного підходу для опису таблиць ворожості маршрутів	9
2.1	Формування множин однопунктового плану станції ..	9
2.2	Формалізація умов безпеки руху поїздів та виконання маневрової роботи у функціях алгебри логіки	14
2.3	Умови безпеки руху, які мають бути забезпечені при встановленні та реалізації маршруту	18
2.4	Алгоритмізація умов безпеки руху, які мають бути забезпечені при встановленні та реалізації маршруту	20
	Вихідні дані	22
	Контрольні запитання	22
	Список літератури	23
	Додаток	24

ВСТУП

Завданнями системного аналізу є:

- розроблення єдиного математичного методу опису систем будь-якої природи, як цілісного утворення;
- побудова узагальнених моделей систем;
- розгляд і вивчення внутрішньої будови систем на рівні ієрархічної структури;
- аналіз і дослідження умов передачі інформації та процесів керування.

Існуючі системи відрізняються своєю складністю й розмірністю, розподільністю зон керування й вимагають ефективного керування. Для того щоб вирішити завдання керування, необхідно, перш ніж приступитися до створення таких систем, провести моделювання створюваних систем. Оскільки системи постійно ускладнюються, то природно ускладнюються й процеси формалізації. У даній роботі будемо використовувати теоретико-множинний метод формалізації для доказу таблиці ворожості маршрутів.

1 КОРОТКІ ВІДОМОСТІ З ТЕОРІЇ МНОЖИН

Теоретико-множинні методи формалізації систем базуються на поняттях множин, на елементах множин та відносинах на цих множинах. Множину можна представити перерахуванням елементів або перерахуванням множин властивостей, а також установленням відносин між елементами множини.

У множині можуть бути виділені підмножини, а з підмножин може бути встановлена нова множина, яка може якісно відрізнятися від вихідної множини. Теорія множин дозволяє вводити різні відносини між елементами множин (відносини алгебри логіки). Теоретико-множинний підхід дозволяє створити мови моделювання складних систем, створити формальні мови математичної лінгвістики та ін.

Деякі позначення.

Якщо предмет **a** входить до множини **M**, то говорять: «**a** є елементом **M**» і пишуть

$$a \in M.$$

Знак \in називають знаком включення.

Якщо про який-небудь предмет **b** відомо, що він не є елементом множини **M**, то пишуть

$$b \notin M.$$

Множина, що не містить жодного елемента, називається *порожньою*.

Множина, що складається з одного елемента, називається *одноеlementною*.

Порожню множину позначають символом \emptyset . Існування таких множин спрощує цілий ряд формулювань.

Якщо **A** — *одноеlementна* множина і $a \in A$, то пишуть

$$A = \{a\}.$$

Якщо A складається з кінцевого числа елементів a_1, a_2, \dots, a_N , то пишуть

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_N\} = \{a_i\}^N. \quad (1)$$

Потужність множини.

Якщо x — деяке збірне (групове) ім'я, застосовне до кожного з елементів множини A , причому A є множиною всіх x , то ця множина може бути зображена у вигляді

$$A = \{x\}.$$

Підмножини.

Рівність множин. Нехай A і B — дві множини. Якщо кожний елемент множини A є також елементом множини B , то A називають підмножиною множини B

$$A \subseteq B.$$

Очевидно, що всяка множина є своєю підмножиною. Порожня множина є підмножиною будь-якої множини.

Якщо $A \subseteq B$ і існує такий елемент множини B , що не є елементом множини A , то A називається *правильною* частиною B .

$$A \subset B.$$

Якщо $A \subseteq B$ і $B \subseteq A$, то говорять, що множини A і B *рівні*

$$A = B,$$

тобто рівними є тільки множини, що складаються з тих самих елементів.

Теоретико-множинні операції.

Нехай **A** і **B** — множини. Множина **C** тих елементів, які належать і **A**, і **B**, називається *перерізом* або *теоретико-множинним добутком* множин **A** і **B**

$$\mathbf{C = A \cap B.} \quad (2)$$

Знак \cap називається знаком теоретико-множинного добутку. Операція добутку $\mathbf{A \cap B}$ за заданими **A** та **B** називається теоретико-множинним добутком. Для цієї операції справедливий закон комутативності

$$\mathbf{A \cap B = B \cap A,}$$

а також – закон сполучення

$$\mathbf{(A \cap B) \cap C = A \cap (B \cap C).}$$

Остання рівність дозволяє в багаточленних теоретико-множинних добутках опускати дужки

$$\mathbf{A \cap B \cap C.}$$

Множина **D** всіх елементів, кожний з яких належить хоча б одній з множин **A** і **B**, називається *теоретико-множинною сумою* або *об'єднанням* множин **A** і **B**

$$\mathbf{D = A \cup B.} \quad (3)$$

Знак \cup називається знаком теоретико-множинного додавання. Операція, що створює $\mathbf{A \cup B}$ за заданими **A** і **B**, називається *теоретико-множинним додаванням*. Для неї справедливий комутативний закон

$$\mathbf{A \cup B = B \cup A,}$$

а також закон сполучення

$$(A \cup B) \cup C = A \cup (B \cup C).$$

Остання рівність дозволяє в багаточленних теоретико-множинних сумах опускати дужки

$$A \cup B \cup C.$$

У теорії множин існує два закони розподілення: множення відносно додавання

$$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C),$$

а також додавання відносно множення

$$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C).$$

Множина **E** тих елементів, що належать **A**, але які не належать **B**, називається *теоретико-множинною різницею A і B*

$$E = A \setminus B. \tag{4}$$

Операція, що дозволяє одержати **A \setminus B** за заданими **A** і **B**, називається *теоретико-множинним відніманням*. Цій операції властиві такі особливості:

- 1) якщо $A \cap B = \emptyset$, то $A \setminus B = A$;
- 2) взагалі $A \setminus B = A \setminus (A \cap B)$.

2 ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРЕТИКО-МНОЖИННОГО ПІДХОДУ ДЛЯ ОПИСУ ТАБЛИЦЬ ВОРОЖОСТІ МАРШРУТІВ

2.1 Формування множин однострижкового плану станції

Для визначення умов безпечного функціонування систем ЕЦ можуть бути використані топологічні формули, у яких введені такі позначення: $\mathbf{A} = \{a_1, a_2 \dots, a_N\}$ — кінцева множина елементів однострижкового плану станції, що включає в себе підмножини \mathbf{S}_v світлофорів, \mathbf{S}_t стрілок, \mathbf{S}_e секцій, \mathbf{P} приймально-відправних колій, \mathbf{V} ділянок наближення та віддалення, \mathbf{R} внутрішньостанційних переїздів. Тоді, згідно з формулою (3) кінцева множина елементів однострижкового плану станції буде описана виразом

$$\mathbf{A} = \mathbf{S}_v \cup \mathbf{S}_t \cup \mathbf{S}_e \cup \mathbf{P} \cup \mathbf{V} \cup \mathbf{R}.$$

У зв'язку з вищенаведеним, розглянемо формування підмножин однострижкового плану на прикладі станції, що наведена на рисунку 1.

$$\mathbf{S}_v = \{ \text{Н} \cup \text{Нд} \cup \text{П} \cup \text{Пд} \cup \text{М1} \cup \text{М2} \cup \text{М3} \cup \text{М4} \cup \text{М5} \cup \text{М6} \cup \text{М7} \\ \cup \text{М8} \cup \text{М9} \cup \text{М10} \cup \text{П2} \cup \text{П3} \cup \text{П4} \cup \text{П5} \cup \text{П6} \cup \text{П7} \cup \text{П8} \\ \cup \text{Н1} \cup \text{Н3} \cup \text{Н4} \cup \text{Н5} \cup \text{Н6} \cup \text{Н7} \cup \text{Н8} \};$$

$$\mathbf{S}_t = \{ 1 \cup 2 \cup 3 \cup 4 \cup 5 \cup 6 \cup 7 \cup 8 \cup 9 \cup 10 \cup 11 \cup 12 \cup 13 \cup 14 \\ \cup 15 \cup 16 \cup 17 \cup 18 \cup 19 \cup 20 \cup 21 \cup 22 \cup 23 \cup 24 \cup 25 \cup 26 \\ \cup 27 \cup 28 \};$$

$$\mathbf{S}_e = \{ \text{НП} \cup \text{ПП} \cup \text{НдП} \cup \text{ПдП} \cup 1\text{-}7\text{СП} \cup 3\text{СП} \cup 5\text{СП} \cup 9\text{-} \\ 15\text{СП} \cup 11\text{-}19\text{СП} \cup 13\text{-}21\text{СП} \cup 17\text{-}27\text{СП} \cup 23\text{СП} \cup 2\text{-} \\ 8\text{СП} \cup 4\text{СП} \cup 6\text{СП} \cup 10\text{-}16\text{СП} \cup 12\text{-}24\text{СП} \cup 14\text{-}20\text{СП} \cup \\ 18\text{-}28\text{СП} \cup 22\text{СП} \};$$

$$\mathbf{P} = \{ 1\text{П} \cup 2\text{П} \cup 3\text{П} \cup 4\text{П} \cup 5\text{П} \cup 6\text{П} \cup 7\text{П} \cup 8\text{П} \};$$

$$V = \{ H1П \cup П1П \cup H2П \cup П2П \cup H1У \cup П1У \cup H2У \cup П2У \};$$

$$R = \{ \emptyset \}.$$

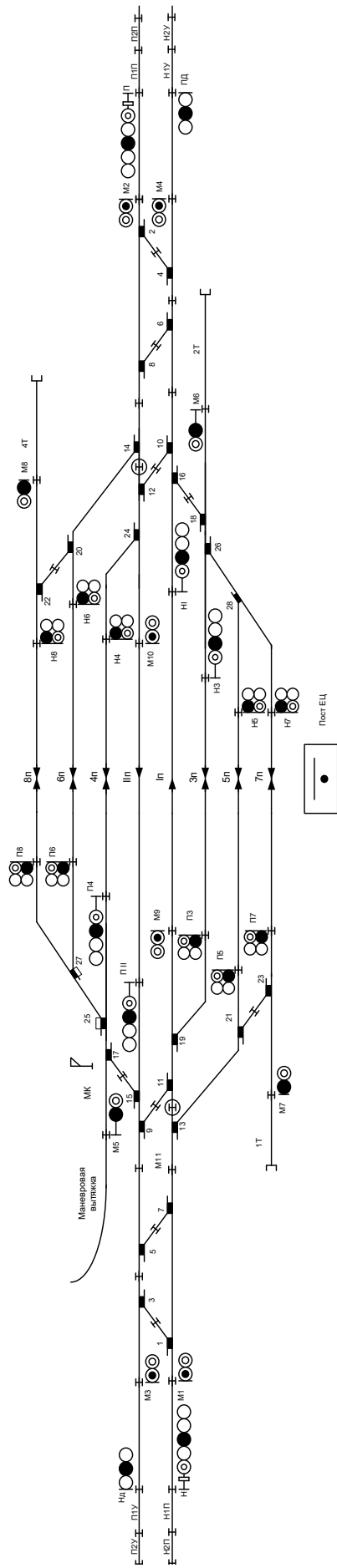


Рисунок 1 - Однолинейный план станции

З огляду на вирази щодо формування підмножин елементів колійного розвитку можна зробити висновок, що множина елементів одниткового плану станції кінцева. Потужність множини елементів одниткового плану станції – N складається із суми кількості елементів відповідних підмножин

$$N = [S_v] + [S_t] + [S_e] + [P] + [V] + [R],$$

$$N = 28 + 28 + 20 + 8 + 8 + 0 = 92.$$

На множині $A = \{a_i\}^N$ елементів одниткового плану може бути задана множина M маршрутів. *Маршрутом* називається частина колійного розвитку станції, підготовлена для проходження рухомого складу від відповідного світлофора по елементах колійного розвитку. Множина маршрутів поєднує підмножини поїзних M_n і маневрових M_m маршрутів: $M = M_n \cup M_m$. Підмножина поїзних маршрутів поєднує підмножину M_{np} маршрутів приймання та M_{no} маршрутів відправлення $M_n = M_{np} \cup M_{no}$.

Розглянемо топологічний опис маршруту приймання. *Маршрутом приймання* $M_{np} \subset M_n$ називається частина колійного розвитку станції, що підготовлена для приймання поїзда з перегону на вільну приймально-відправну колію. Початком маршруту приймання є вхідний світлофор, а кінцем — приймально-відправна колія.

Таким чином, у маршрут приймання входять: вхідний світлофор S_v , n стрілочних і безстрілочних секцій S_e , m стрілок S_t , k переїздів R_k і приймально-відправна колія P , тобто

$$M_{np} = \{S_v, \{S_{en}\}, \{S_{tm}\}, \{R_k\}, P\},$$

де $S_{en} \subseteq S_e$, $S_{tm} \subseteq S_t$, $R_k \subseteq R$.

Розглянемо опис двох маршрутів приймання (див. рисунок 1).

Маршрут приймання на 1П за сигналом Н

$$M_{пн1} = \{ Н, НП \cup 1-7СП \cup 13-21СП \cup 11-19СП, 1 \cup 7 \cup 13 \cup 11 \cup 19, \emptyset, 1П \};$$

Маршрут приймання на 2П за сигналом П

$$M_{пн2} = \{ П, ПП \cup 2-8СП \cup 14СП \cup 12-24СП, 2 \cup 8 \cup 12 \cup 14 \cup 24, \emptyset, 2П \}.$$

Маршрутом відправлення $M_{по} \subset M_{п}$ називається частина колійного розвитку станції, що підготовлена для відправлення поїзда з приймально-відправної колії на вільний перегін (вільний стан першої ділянки віддалення).

Початком маршруту відправлення є вихідний світлофор S_v , а кінцем — вільний перегін або вільний стан першої ділянки віддалення V .

Таким чином

$$M_{по} = \{ S_v, \{ S_{ep} \}, \{ S_{tr} \}, \{ R_s \}, V \},$$

де $S_{ep} \subseteq S_e$, $S_{tr} \subseteq S_t$, $R_s \subseteq R$.

Розглянемо опис двох маршрутів відправлення (див. рисунок 1).

Маршрут відправлення з 5П за сигналом П5:

$$M_{по1} = \{ П5, Ндп \cup 3СП \cup 5СП \cup 1-7СП \cup 13-21СП, 3 \cup 5 \cup 7 \cup 13 \cup 21, \emptyset, П1У \};$$

Маршрут відправлення з 5П за сигналом Н5

$$M_{по2} = \{ Н5, Пдп \cup 4СП \cup 6СП \cup 10-16СП \cup 18-28СП, 4 \cup 6 \cup 10 \cup 16 \cup 18 \cup 24 \cup 26, \emptyset, Н1У \}.$$

Маневровим маршрутом M_M називається частина колійного розвитку станції, що підготовлена для виконання маневрової роботи.

Організація маневрової роботи та завдання маневрових маршрутів залежить на кожній конкретній станції від технології її роботи та визначається техніко-розпорядчим актом (ТРА) станції.

Розглянемо всі можливі види маневрових маршрутів, що відрізняються один від одного елементом колійного розвитку станції, на якому закінчується маршрут. Початком маневрового маршруту є світлофор, що дозволяє маневрове пересування, а кінцем - такі об'єкти:

- 1) попутний маневровий світлофор, що розташований на границі стрілочних секцій;
- 2) ділянка колії в горловині станції (безстрілочна секція), яка обгороджена маневровими світлофорами;
- 3) нецентралізована зона станції (тупик, під'їзна колія, депо, вантажний двір тощо);
- 4) перша ділянка віддалення перегону, що примикає до станції;
- 5) границя станції одноколійної ділянки, а також двоколійної ділянки, якщо за ТРА заборонений виїзд на ділянку віддалення;
- 6) приймально-відправна колія станції.

У перших п'яти випадках топологічна формула маневрових маршрутів однакова

$$M_M = \{S_v, \{S_{et}\}, \{S_{tu}\}, \{R_v\}\},$$

де $S_{et} \subseteq S_e$, $S_{tu} \subseteq S_t$, $R_v \subseteq R$.

Розглянемо опис двох маневрових маршрутів (див. рисунок 1).

Маршрут від M_9 за M_1

$$M_{M1} = \{ M9, , НП \cup 1-7СП \cup 13-21СП \cup 11-19СП, 1 \cup 7 \cup 13 \cup 11 \cup 19, \emptyset \};$$

Маршрут від M10 за M2

$$M_{M2} = \{ M10, ПдП \cup 2-8СП \cup 4СП \cup 6СП \cup 14СП \cup 12-24СП, 4 \cup 6 \cup 8 \cup 12 \cup 14 \cup 24, \emptyset \}.$$

Для останнього, шостого випадку формула доповнюється елементом, який відповідає приймально-відправній колії, що необхідно для правильного рішення щодо ворожості маршрутів, тобто

$$M_{mp} = \{ S_v, \{ S_{ew} \}, \{ S_{tx} \}, \{ R_y \}, P \},$$

де $S_{ew} \subseteq S_e$, $S_{tx} \subseteq S_t$, $R_y \subseteq R$.

Розглянемо (див. рисунок 1) опис двох маневрових маршрутів на приймально-відправну колію з різних горловин станції.

Маршрут від M5 на 8П:

$$M_{mp1} = \{ M5, 17-27СП, 17 \cup 25 \cup 27, \emptyset, 8П \};$$

Маршрут від M8 на 8П:

$$M_{mp2} = \{ M8, 22СП, 22, \emptyset, 8П \}.$$

2.2 Формалізація умов безпеки руху поїздів та виконання маневрової роботи у функціях алгебри логіки

Ворожими маршрутами є такі маршрути, які сумісно використовують хоча б один елемент колійного розвитку [1]. Два маршрути називаються *ворожими*, якщо їхня одночасна реалізація викликає порушення безпеки руху поїздів [1].

Будь-яка пара поїзних маршрутів $(M_{pi}, M_{pj}) \in M_n, i \neq j$, в одній або різних горловинах станції, є *неворожою* тільки в тому випадку, якщо переріз відповідних їм підмножин A_i і A_j дорівнює порожній множині \emptyset . Тоді, згідно з формулою (2):

$$(M_{pi}, M_{pj}) \in M_n: (A_i \cap A_j) = \emptyset.$$

Якщо в обох множинах зустрічається хоча б один загальний елемент колійного розвитку, то маршрути є *ворожими*, а переріз відповідних їм підмножин A_i і A_j не дорівнює порожній множині \emptyset . Тоді, згідно з формулою (2):

$$(M_{pi}, M_{pj}) \in M_n: (A_i \cap A_j) \neq \emptyset.$$

Проведемо аналіз ворожості поїзних маршрутів, що розглянуті у пункті 2.1:

$$(M_{пп1}, M_{пп2}) \in M_n: (A_i \cap A_j) = \{\emptyset\} \text{ – маршрути не ворожі;}$$

$$(M_{пп1}, M_{по1}) \in M_n: (A_i \cap A_j) = \{1-7СП, 7\} \text{ – маршрути ворожі;}$$

$$(M_{пп1}, M_{по2}) \in M_n: (A_i \cap A_j) = \{\emptyset\} \text{ – маршрути не ворожі;}$$

$$(M_{пп2}, M_{по1}) \in M_n: (A_i \cap A_j) = \{\emptyset\} \text{ – маршрути не ворожі;}$$

$$(M_{пп2}, M_{по2}) \in M_n: (A_i \cap A_j) = \{\emptyset\} \text{ – маршрути не ворожі.}$$

Розглянемо умову, при якій будь-яка пара поїзних і маневрових маршрутів буде не ворожою

$$(M_{pi}, M_{mj}) \in M (A_i \cap A_j) = \emptyset,$$

та при якій умові будь-яка пара поїзних і маневрових маршрутів буде ворожою

$$(M_{pi}, M_{mj}) \in M (A_i \cap A_j) \neq \emptyset,$$

Тоді маємо:

$(M_{пп1}, M_{м1}) \in M$: $(A_i \cap A_j) = \{ \text{НП} \cup 1\text{-}7\text{СП} \cup 13\text{-}21\text{СП} \cup 11\text{-}19\text{СП}, 1 \cup 7 \cup 13 \cup 11 \cup 19 \}$ – маршрути ворожі;

$(M_{пп1}, M_{м2}) \in M$: $(A_i \cap A_j) = \{ \emptyset \}$ – маршрути не ворожі;

$(M_{пп2}, M_{м1}) \in M$: $(A_i \cap A_j) = \{ \emptyset \}$ – маршрути не ворожі;

$(M_{пп2}, M_{м2}) \in M$: $(A_i \cap A_j) = \{ 2\text{-}8\text{СП} \cup 14\text{СП} \cup 12\text{-}24\text{СП}, 8 \cup 12 \cup 14 \cup 24 \}$ – маршрути ворожі;

$(M_{по1}, M_{м1}) \in M$: $(A_i \cap A_j) = \{ 1\text{-}7\text{СП} \cup 13\text{-}21\text{СП}, 7 \cup 13 \}$ – маршрути ворожі;

$(M_{по1}, M_{м2}) \in M$: $(A_i \cap A_j) = \{ \emptyset \}$ – маршрути не ворожі;

$(M_{по2}, M_{м1}) \in M$: $(A_i \cap A_j) = \{ \emptyset \}$ – маршрути не ворожі;

$(M_{по2}, M_{м2}) \in M$: $(A_i \cap A_j) = \{ \text{ПдП} \cup 4\text{СП} \cup 6\text{СП}, 4 \cup 6 \cup 24 \}$ – маршрути ворожі;

$(M_{пп1}, M_{мп1}) \in M$: $(A_i \cap A_j) = \{ \emptyset \}$ – маршрути не ворожі;

$(M_{пп2}, M_{мп2}) \in M$: $(A_i \cap A_j) = \{ \emptyset \}$ – маршрути не ворожі;

$(M_{по1}, M_{мп1}) \in M$: $(A_i \cap A_j) = \{ \emptyset \}$ – маршрути не ворожі;

$(M_{по2}, M_{мп2}) \in M$: $(A_i \cap A_j) = \{ \emptyset \}$ – маршрути не ворожі.

Два маневрових маршрути в одній горловині станції також не ворожі один одному, якщо відповідні їм підмножини A_i і A_j не мають загальних елементів, тобто переріз цих підмножин дає порожню множину. Однак, два маневрових маршрути на одну й ту саму приймально-відправну колію також не ворожі, хоча мають загальний елемент – P . Позначимо множини маневрових маршрутів на приймально-відправні колії станції

як: $M_{mp} \subset M_m$, тоді для кожної k -ї прийнятно-відправної колії буде справедливим твердження

$$((M_{mpi}, M_{mpj}) \in M_{mp}): (A_i \cap A_j) = P^k.$$

Розглянемо приклад встановлення (див. рисунок 1) маневрових маршрутів на 8 колію з різних горловин станції. Тоді, з урахуванням формули (2) отримаємо:

$$(M_{mp1}, M_{mp2}) \in M): (A_i \cap A_j) = \{8П\} \text{ – маршрути не ворожі.}$$

Відсутність ворожих маршрутів для будь-яких інших пар маневрових маршрутів визначається з урахуванням формули (4), а також виразу (2). Тоді отримаємо

$$((M_{mi}, M_{mj}) \in (M_m \setminus M_{mp})): (A_i \cap A_j) = \emptyset.$$

Розглянемо приклад встановлення (див. рисунок 1) декількох маневрових маршрутів. Тоді, з урахуванням формули (2) отримаємо:

$$(M_{m1}, M_{m2}) \in M): (A_i \cap A_j) = \{\emptyset\} \text{ – маршрути не ворожі;}$$

$$(M_{m1}, M_{mp1}) \in M): (A_i \cap A_j) = \{\emptyset\} \text{ – маршрути не ворожі;}$$

$$(M_{m1}, M_{mp2}) \in M): (A_i \cap A_j) = \{\emptyset\} \text{ – маршрути не ворожі.}$$

Наявність ворожих маршрутів для будь-яких інших пар маневрових маршрутів також визначається з урахуванням формули (4) і виразу (2). Тоді отримаємо не порожню множину

$$((M_{mi}, M_{mj}) \in (M_m \setminus M_{mp})): (A_i \cap A_j) \neq \emptyset.$$

Розглянемо приклад встановлення (див. рисунок 1) декількох ворожих маневрових маршрутів

$$(M_{m1}, M_{mp1}) \in M): (A_i \cap A_j) = \{\emptyset\} \text{ – маршрути не ворожі;}$$

$(M_{m1}, M_{mp2}) \in M$: $(A_i \cap A_j) = \{\emptyset\}$ – маршрути не ворожі.

2.3 Умови безпеки руху, які мають бути забезпечені при встановленні та реалізації маршруту

До теперішнього часу в системах ЕЦ для забезпечення безпеки руху поїздів та виконання маневрової роботи перевіряється в загальному випадку до 29 умов безпеки, які мають бути забезпечені як пристроями СЦБ, так і системою ЕЦ у цілому. Пристроями СЦБ забезпечується перевірка таких умов за відповідними підмножинами об'єктів:

- за підмножиною стрілок

$$S'_t = \{s'_{t1}, s'_{t2}, s'_{t3}, s'_{t4}\},$$

де s'_{t1} – контроль фіксації крайнього положення ходових стрілок;
 s'_{t2} – контроль фіксації відповідного положення охоронних стрілок при встановленні маршруту;
 s'_{t3} – контроль відсутності передачі стрілок на місцеве керування;
 s'_{t4} – перевірка відсутності замикання стрілок в інших маршрутах;

- за підмножиною ізольованих секцій у горловині станції

$$S'_e = \{s_{e5}, s_{e6}, s_{e7}, s_{e8}, s_{e9}, s_{e10}, s_{e11}, s_{e12}, s_{e13}, s_{e14}\},$$

де s_{e1}' – контроль вільного стану ходових секцій;
 s_{e2}' – контроль вільного стану негабаритних секцій;
 s_{e3}' – перевірка відсутності режиму відміни маршрутів;
 s_{e4}' – перевірка відсутності режиму штучного розмикання секцій маршруту;
 s_{e5}' – перевірка фактичного замикання секцій у заданому маршруті;
 s_{e6}' – перевірка розмикання секцій при відміні маршруту згідно з визначеним алгоритмом;
 s_{e7}' – перевірка розмикання секцій маршруту при їх

штучному розмиканні згідно з визначеним алгоритмом;
 $S_{e8}' - S_{e10}'$ – захист замкнутих секцій від передчасного розмикання, відповідно, як при накладанні та знятті шунта на рейкове коло, при перемиканні фідерів живлення, так і при втраті шунта на визначений час;

– за підмножиною приймально-відправних колій

$$P' = \{ p_1', p_2', p_3', p_4', p_5' \},$$

де p_1' - контроль вільного стану приймально-відправної колії;
 p_2' - контроль відсутності завдання ворожих (лобових) маршрутів у протилежній горловині станції до встановленого маршруту на дану приймально-відправну колію;
 p_3' - перевірка відсутності передачі маневрового району на місцеве керування;
 p_4' - перевірка відсутності режиму включення огороження приймально-відправної колії;
 p_5' - перевірка фактичного виключення лобових маршрутів на дану приймально-відправну колію після встановлення маршруту;

– за підмножиною ділянок наближення та віддалення

$$V' = \{ v_1', v_2', v_3', v_4', v_5' \},$$

де v_1' - контроль вільного стану першої блок-ділянки віддалення при автоблокуванні;
 v_2' - контроль наявності ключа-жезла в апараті керування;
 v_3' - контроль відповідного напрямку руху встановленому маршруту при наявності системи двостороннього автоблокування;
 v_4' - перевірка фактично замкненого стану схеми зміни напрямку в системі двостороннього автоблокування;
 v_5' - контроль вільного стану перегону при напівавтоматичному блокуванні;

- за підмножиною світлофорів

$$S_v' = \{ s_{v1}', s_{v2}', s_{v3}' \},$$

де s_{v1}' - контроль відповідності сигнального показання світлофора до вимог «Інструкції із сигналізації на залізницях»;

s_{v2}' - контроль відсутності включення запрошувального сигнального показання на світлофорі;

s_{v3}' - контроль наявності заборонного сигнального показання на ворожих світлофорах;

- за підмножиною переїздів, що можуть бути розміщені у горловинах станції

$$R' = \{ r_1', r_2' \},$$

де r_1' - перевірка виключеного стану загороджувальних світлофорів (контроль відсутності включення загороджувальної сигналізації на переїзді);

r_2' - перевірка включення дозволяючого сигнального показання на світлофорі з витримкою часу, достатньою для закриття руху на переїзді.

2.4 Алгоритмізація умов безпеки руху, які мають бути забезпечені при встановленні та реалізації маршруту

Для використання наведених топологічних формул маршрутів складають блок-схеми алгоритмів функціонування ЕЦ, що допускають їхню реалізацію апаратними та програмними засобами. При цьому умови безпеки руху в раніше наведених формулах групуються за множинами $U_1 - U_7$, що враховують технологічні етапи установаження, реалізації, скасування й штучного розмикання маршрутів [1]:

U_1 – множина умов, що перевіряється при переведенні стрілок (чи можуть бути переведені дані стрілки?),

$$U_1 = \{ s_{t4}, s_{e1}, s_{e2} \};$$

U_2 – множина умов, що перевіряється при установленні маршруту без відкриття сигналу (чи можуть бути встановлені дані маршрути?),

$$U_2 = \{ s_{t1}, s_{t2}, s_{t3}, s_{t4}, s_{e1}, s_{e2}, s_{e3}, s_{e4}, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 28 \};$$

U_3 - множина умов, що перевіряється при установленні маршруту з відкриттям сигналу (чи можуть бути відкриті дані світлофори?),

$$U_3 = U_2 \cup \{9, 19, 23, 29\};$$

U_4 - множина умов, що перевіряється у встановленому маршруті при відкритому сигналі (чи відповідають умови безпеки руху відкритому стану світлофора?),

$$U_4 = \{1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28\};$$

U_5 - множина умов, що контролює правильне розмикання маршруту при русі рухомого складу (чи відповідає реалізований алгоритм розмикання прийнятому алгоритму в даній системі електричної централізації?),

$$U_5 = \{1, 2, 12, 13, 14\};$$

U_6 - множина умов, що контролює правильне розмикання маршруту при його скасуванні (чи відповідає реалізований алгоритм скасування прийнятому алгоритму в даній системі ЕЦ?),

$$U_6 = \{1, 2, 5, 6, 10\};$$

U_7 - множина умов, що контролює правильне розмикання маршруту при штучному розмиканні (чи відповідає реалізований алгоритм штучного розмикання прийнятому алгоритму в даній системі ЕЦ?)

$$U_7 = \{11\}.$$

ВИХІДНІ ДАНІ

Вихідними даними для виконання розрахункової роботи є односторонній план станції, який студент обирає з додатка згідно з останніми двома цифрами у заліковій книжці.

Осигналізування станції та побудова таблиці ворожості маршрутів виконується згідно з [3].

Маршрути обирає студент самостійно, але їх обов'язково має бути порівну в обох горловинах станції.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1 Які операції над множинами використовуються у даній роботі?

2 Що являють собою маршрути з точки зору теоретико-множинного опису?

3 З елемента якої підмножини завжди починається маршрут?

4 Якими елементами може закінчуватися маршрут (маневровий, відправлення, приймання, перестановки)?

5 Вкажіть причину того, що тупики не беруть участі в описі множин станції?

6 Наведіть визначення ворожості маршрутів згідно з теоретико – множинним підходом?

7 За допомогою якої логічної операції можливо з'ясувати наявність перерізу множин?

8 Вкажіть недоліки таблиці ворожості маршрутів як

формального способу визначення безпеки руху?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Станционные системы автоматики и телемеханики / Под ред. Сапожникова Вл.В. - М.: Транспорт, 1997.

2 Правила технічної експлуатації на залізницях України. - К.: Вид. Транспорт України, 2002.

3 Маршрутизація станції та розташування світлофорів АБ: Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Експлуатаційні основи залізничної автоматики та управління». - Харків: УкрДАЗТ, 2006.

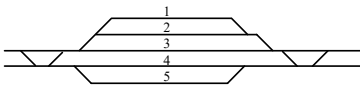
4 А. Ахо, Дж. Ульман. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. – М.: «Мир», 1978. – Т.1. - 611 с.

5 Кокурин И.М., Кондратенко Л.Ф. Эксплуатационные основы автоматики и телемеханики: Учебник для вузов ж.д. трансп. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1989. – 184 с.

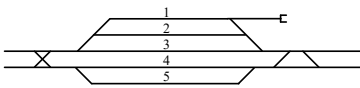
ДОДАТОК

Варіант завдання на контрольну роботу обирається за двома останніми цифрами номеру залікової книжки (студентського квитка).

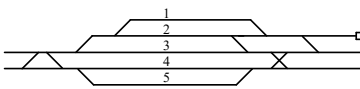
Варіант 01



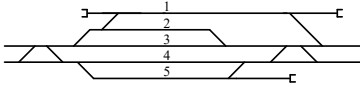
Варіант 02



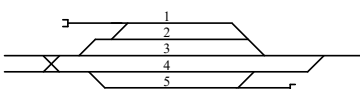
Варіант 03



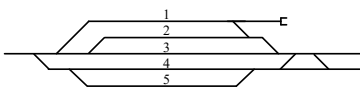
Варіант 04



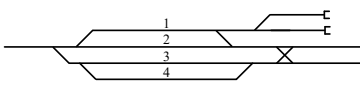
Варіант 05



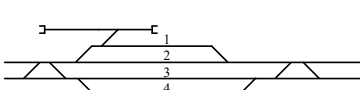
Варіант 06



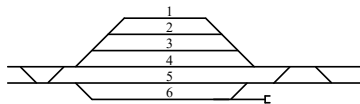
Варіант 07



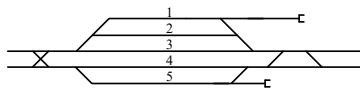
Варіант 08



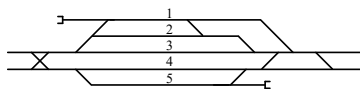
Варіант 09



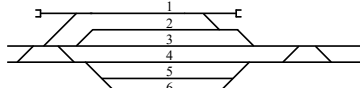
Варіант 10



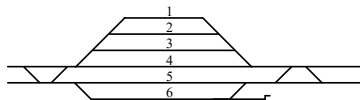
Варіант 11



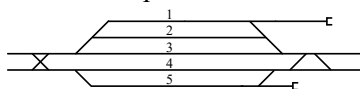
Варіант 12



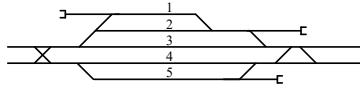
Варіант 13



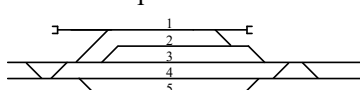
Варіант 14



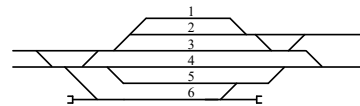
Варіант 15



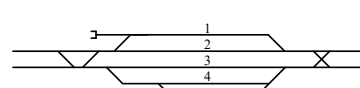
Варіант 16



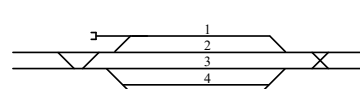
Варіант 17



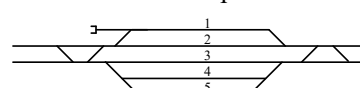
Варіант 18



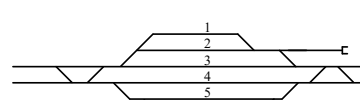
Варіант 19



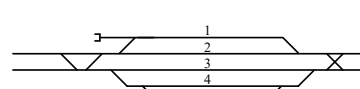
Варіант 20



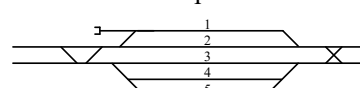
Варіант 21



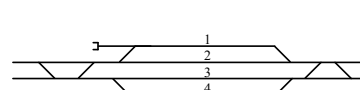
Варіант 22



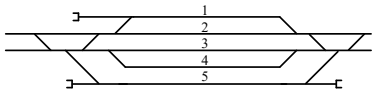
Варіант 23



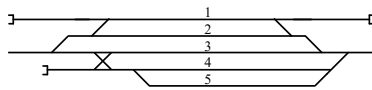
Варіант 24



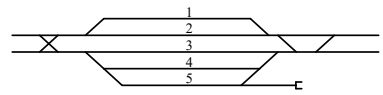
Вариант 25



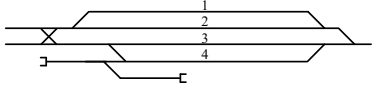
Вариант 36



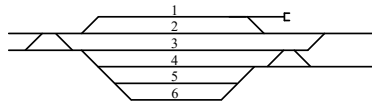
Вариант 47



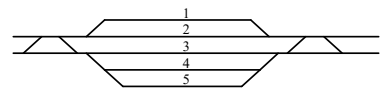
Вариант 26



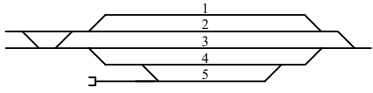
Вариант 37



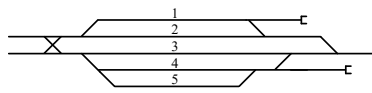
Вариант 48



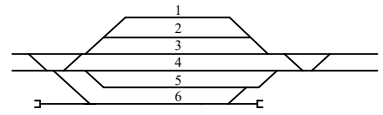
Вариант 27



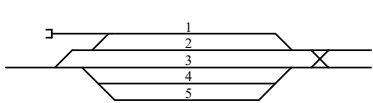
Вариант 38



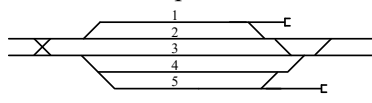
Вариант 49



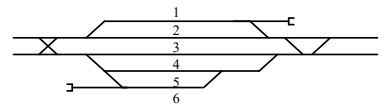
Вариант 28



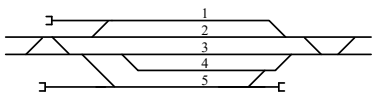
Вариант 39



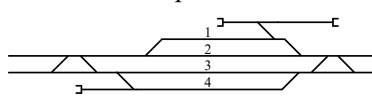
Вариант 50



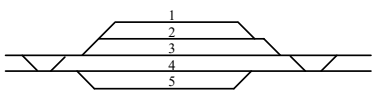
Вариант 29



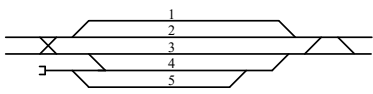
Вариант 40



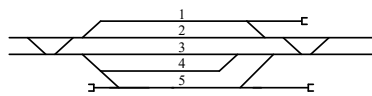
Вариант 51



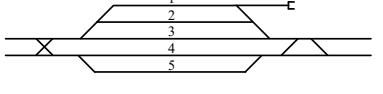
Вариант 30



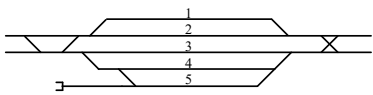
Вариант 41



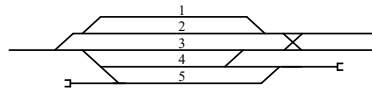
Вариант 52



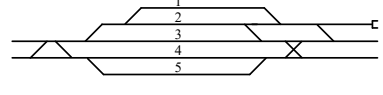
Вариант 31



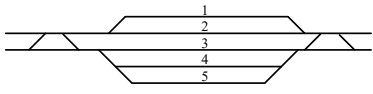
Вариант 42



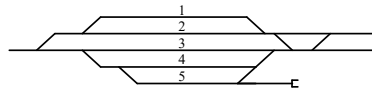
Вариант 53



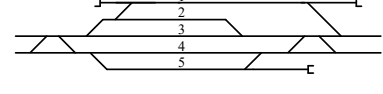
Вариант 32



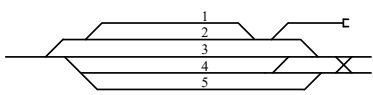
Вариант 43



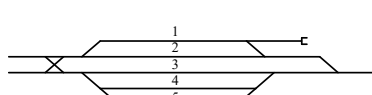
Вариант 54



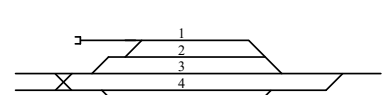
Вариант 33



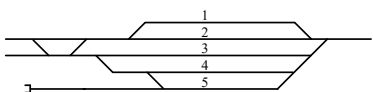
Вариант 44



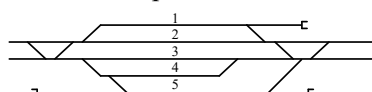
Вариант 55



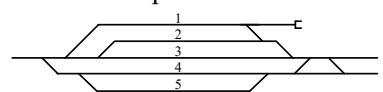
Вариант 34



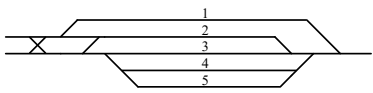
Вариант 45



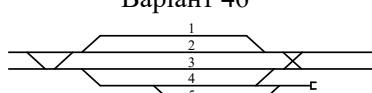
Вариант 56



Вариант 35



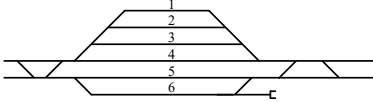
Вариант 46



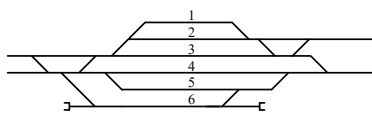
Вариант 57



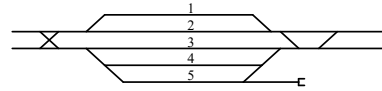
Вариант 58



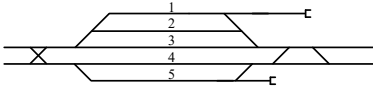
Вариант 68



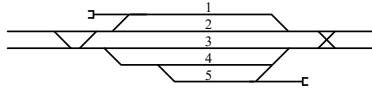
Вариант 78



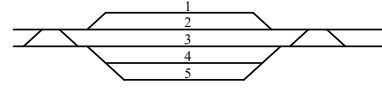
Вариант 59



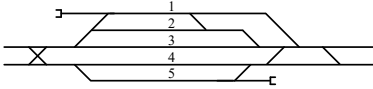
Вариант 69



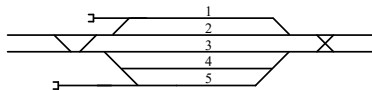
Вариант 79



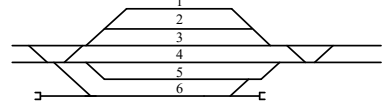
Вариант 60



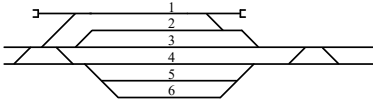
Вариант 70



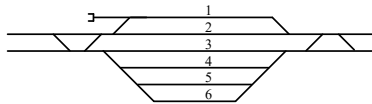
Вариант 80



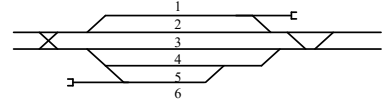
Вариант 61



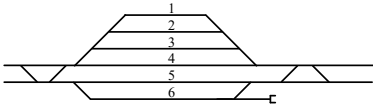
Вариант 71



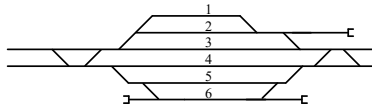
Вариант 81



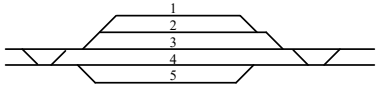
Вариант 62



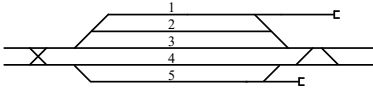
Вариант 72



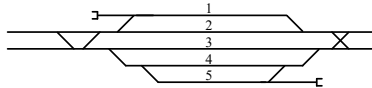
Вариант 82



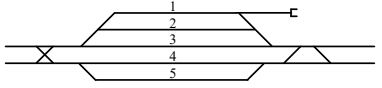
Вариант 63



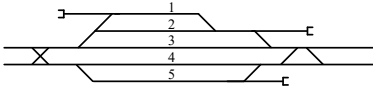
Вариант 73



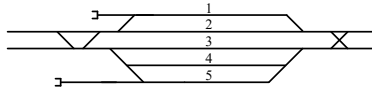
Вариант 83



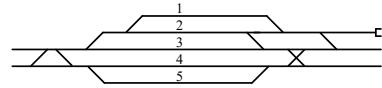
Вариант 64



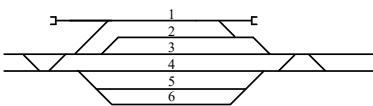
Вариант 74



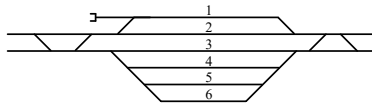
Вариант 84



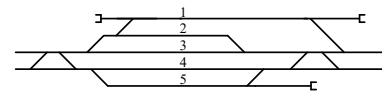
Вариант 65



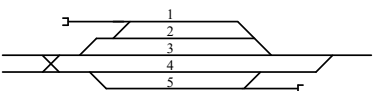
Вариант 75



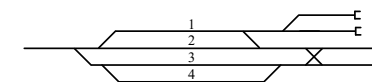
Вариант 85



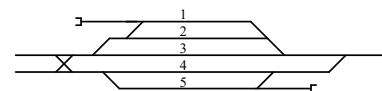
Вариант 66



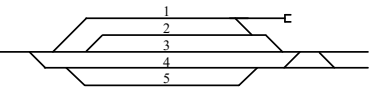
Вариант 76



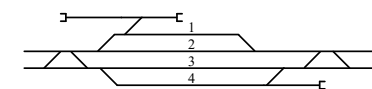
Вариант 86



Вариант 67



Вариант 77



Вариант 87

