


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

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

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

на тему: «Дослідження процесів функціонування систем керування об'єктами на залізничних станціях»


Виконав: студент групи ІБЗТ-22дм  
Семенова О.В.

  
.....  
(підпис)

Керівник: доц. Мірошникова М.В.

  
.....  
(підпис)

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

  
.....  
(підпис)

## ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЯХ	11
1.1 Огляд характеристик функціонування об'єктів на залізничних станціях	11
1.2 Установка світлофорів й їхня сигналізація на станціях	13
1.3 Огляд показників	18
Висновки по 1 розділу	32
2 ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЯХ	33
2.1 Параметри систем управління об'єктами на залізничних станціях	33
2.2 Релейна централізація на проміжних станціях	36
2.3 Схема управління стрілкою релейної централізації проміжних станцій	44
Висновки по 2 розділу	57
ВИСНОВКИ	58
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	59
ДОДАТОК А	69

## ВСТУП

Серед пристроїв залізничної автоматики й телемеханіки системи управління об'єктами на станціях відіграють найважливішу роль. Швидкість обробки поїздів на станціях вирішальним чином визначає пропускну здатність залізниць. Безпека руху поїздів у цілому багато в чому залежить від безпеки пересувань на станції. Ці пересування мають особливості - рух поїздів по стрілочних переводах, одночасність пересувань і наявність двох різних типів пересувань (поїзних і маневрових).

Збільшення пропускну здатності за допомогою пристроїв сигналізації й зв'язки вимагає значних капітальних вкладень. Незважаючи на відносно високу вартість, цей шлях є досить привабливим, тому що дозволяє скоротити міжпоїзні інтервали без погрози для безпеки руху поїздів. При цьому для зменшення довжини блок-діляниць доводиться в ряді випадків знову встановлювати на перегонах проміжні сигнали, зняті у свій час із метою економії

Маршрутизація пересувань на станції є гарантією забезпечення безпеки. Тому повністю централізуються всі види поїзних пересувань на станції (приймання, відправлення й передача управління з одного району станції в іншій), які здійснюються за розв'язними показниками поїзних сигналів (вхідних, вихідних і маршрутних).

За розв'язними показниками маневрових світлофорів, керованих черговим по станції, виконуються маневрові пересування, у яких беруть участь рейкові ділянки й стрілки, використовувані й для поїзних маршрутів. Крім того, в ЕЦ включаються ходові й охоронні стрілки маневрових маршрутів передачі составів з одного парку в іншій, подачі локомотивів під поїзди й збирання в депо, насування составів на сортувальні гірки. Також централізуються стрілки маневрових районів й окремі стрілки, ручне обслуговування яких технічно й економічно недоцільно.

Відповідно до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 р., яка була прийнята у травні 2018 р., передбачено подальше використання високотехнологічних та ергономічних засобів транспорту, принципів мультимодальності, супутникової навігації, інтелектуальних транспортних систем, інформаційних технологій, електронного документообігу, прискорення і забезпечення своєчасної доставки пасажирів та вантажів завдяки швидкісним видам транспорту та розвитку логістики, підвищення рівня екологічної безпеки, інвестиційної та іншої привабливості всіх видів транспорту [28]. Одними з ключових очікуваних результатів із реалізації зазначеної Транспортної стратегії в контексті засвоєння передових досягнень світового науково-технічного прогресу є [28]: – створення модернізованої високотехнологічної транспортної інфраструктури, включаючи розбудову мережі логістичних систем інноваційного 34 типу для обслуговування пасажирів та обробки вантажів, формування інтелектуальних транспортних систем; – впровадження інтелектуальних транспортних систем та систем управління рухом на наземному та водному транспорті (ERTMS, ITS, SST та LRIT, RIS, СМАРТ-тахографи); – забезпечення створення умов для впровадження на залізницях високошвидкісного пасажирського руху (до 400 кілометрів на годину), експресдоставки цінних вантажів (до 350 кілометрів на годину), прискореної доставки контейнерів (не менш як 200 кілометрів на годину). Реалізація зазначених підходів та досягнення очікуваних результатів становить найбільш актуальну задачу саме для залізничного транспорту України, є провідною галуззю в дорожньо-транспортному комплексі країни, який забезпечує майже 82% вантажних і 50% пасажирських перевезень, здійснюваних всіма видами транспорту. Експлуатаційна мережа залізниць України складає майже 19,8 тис. км (без урахування окупованих територій, мережа яких на сьогодні не експлуатується), з яких понад 47,2% електрифіковано. За обсягами вантажних перевезень залізниці України займають четверте місце на Євразійському континенті, поступаючись лише залізницям Китаю, Росії та

Індії. Вантажонапруженість українських залізниць (річний обсяг перевезень на 1 км) у 3 – 5 разів перевищує відповідний показник розвинених європейських країн [29, 30]. Досягнення результатів Транспортної стратегії для залізничного транспорту можливо лише в умовах комплексного переоснащення систем керування рухом поїздів (СКРП), що інтерпретуються технічними засобами залізничної автоматики. Ключовим напрямом їх розвитку слід вважати подальшу інтеграцію та уніфікацію на базі сучасних систем промислової цифровізації [31 – 35].

**Актуальність теми.** Сучасні інформаційні системи мають відповідати вимогам гнучкості, надійності, ефективності і безпечності використання та доступу. У цьому аспекті під гнучкістю слід розуміти здатність до адаптації та подальшого розвитку інформаційної системи до мінливих умов і нових потреб підприємства. Дотримання умов гнучкості можливо у випадку, якщо на етапі розроблення інформаційної системи використовувалися загальноприйняті засоби і методи документування, які забезпечують можливість внесення змін до системи після певного часу її експлуатації, враховуючи також ті випадки, при яких безпосередні розробники не можуть продовжувати роботу. Слід зазначити, що легше розібратися у власних розробках і в тому випадку, якщо вони були виконані доволі давно, ніж у чужих рішеннях, які не завжди на перший погляд є логічними. Тому доцільно фазу супроводження систем довіряти особам, які здійснювали її безпосереднє проектування. Кожна інформаційна система рано чи пізно морально старіє, що ставить питання про її модернізацію або повну заміну. Розробники інформаційних систем, як правило, не є спеціалістами в галузі, для якої проектується і розробляється система. Участь у модернізації або створенні нової системи тією самою групою проектувальників значно скоротить терміни модернізації. Разом з тим виникає ризик застосування застарілих рішень при модернізації системи, тому необхідно дуже ретельно підходити до вибору штату спеціалістів-розробників.

При розробленні нових об'єктів та експлуатації існуючих виникають питання забезпечення їхньої надійності. Так, під надійністю інформаційної системи слід розуміти її функціонування без перекручування інформації та втрати даних з «технічних причин». Вимоги надійності забезпечуються створенням резервних копій інформації, виконанням операцій протоколювання, підтримкою якості каналів зв'язку і фізичних носіїв інформації, використанням сучасних програмно-апаратних засобів. Вимоги ефективності функціонування систем передбачають можливість виконання завдань, покладених на неї з урахуванням виділених ресурсів за мінімальний час. Разом з цим слід зазначити, що кінцеве оцінювання ефективності буде здійснюватися замовником виходячи з коштів, що були вкладені в розроблення, і відповідності розробленої інформаційної системи тим вимогам, які були покладені в її основу. Негативні оцінки ефективності інформаційної системи з боку замовника можна уникнути, якщо представники замовника будуть залучатися до проектування системи на всіх її стадіях.

Такий підхід дозволяє кінцевим користувачам вже на етапі проектування адаптуватися до змін умов роботи, які в іншому випадку не знайшли б підтримки. Співпраця з замовником на перших етапах проектування дозволяє коригувати продукт розроблення відповідно до вимог замовника. Іноді виникають ситуації при яких замовник сам чітко не може сформулювати вимоги до програмного продукту, який буде розроблено виконавцем. У такій ситуації чим раніше будуть внесені уточнювальні доповнення замовника, тим з меншими витратами і в більш скорочені терміни буде створена спроектована система. Окрім того, як правило, замовник не є спеціалістом у галузі розроблення інформаційних систем і може не знати про нові досягнення в інформаційних технологіях. Контакти з замовником під час розроблення інформаційної системи можуть підштовхнути його до модернізації застарілих апаратних засобів, застосування нових методів ведення бізнесу, що відповідає вимогам як

замовника, так і проєктувальника. У цьому випадку замовник одержує зростання ефективності свого підприємства, а проєктувальник – розширення можливостей при проєктуванні інформаційної системи. Ефективність системи забезпечується оптимізацією даних і методів їх обробки, використанням оригінальних розробок, ідей, методів проєктування. При розробленні нових автоматизованих систем слід урахувати той факт, що безпосереднє її використання будуть здійснювати працівники, які є спеціалістами у своїй предметній галузі, але частіше за все вони мають доволі середні навички в роботі з комп'ютером. Відповідно до цього необхідно намагатися розробляти інтерфейс інформаційних систем інтуїтивно доступним і зрозумілим. У свою чергу розробник-програміст повинен розуміти характер операцій, які будуть виконуватися кінцевим користувачем. До основних вимог також відносять безпеку, під якою розуміють можливості системи, завдяки яким сторонні особи не мають доступу до інформаційних ресурсів організації, окрім для них призначених. Захист інформації від стороннього доступу забезпечується управлінням доступом до ресурсів системи, використанням сучасних програмних засобів захисту інформації. У великих організаціях, як правило, створюють підрозділи, основним напрямом діяльності яких є забезпечення інформаційної безпеки, а в невеликих організаціях виділяють співробітника, який відповідає за дану частину роботи. Система, яка не відповідає вимогам безпеки, може спричинити значні матеріальні збитки замовнику. Окрім дій, спрямованих на завдання матеріальних збитків, при забезпеченні безпеки інформаційних систем доводиться стикатися з додатковим набором факторів. Про це свідчить той факт, що сучасні інформаційні системи є досить складними програмними продуктами. При їх проєктуванні з високою імовірністю можливе допущення помилок, які викликані значним обсягом програмного коду, недосконалістю компіляторів, людським фактором, несумісністю з програмами інших розробників. Тому після фази розроблення інформаційної системи логічною буде фаза її супроводження в процесі

експлуатації, протягом якої відбувається виявлення скритих помилок і їх виправлення. Вимоги безпеки забезпечуються сучасними засобами розробки інформаційних систем, сучасною апаратурою, методами захисту інформації, використанням паролів і протоколюванням, постійним моніторингом стану безпеки операційних систем і заходів їх захисту.

Взагалі, світова тенденція цифровізації залізничних сполучень спрямована при цьому, в першу чергу, на підвищення безпеки та прискорення руху поїздів в умовах нерівномірної завантаженості транспортної мережі. При такому підході передбачається, що всі дані систем керування, рухомого складу, управління пасажиро- та вантажопотоками об'єднуються на єдиній інтелектуально-обчислювальній платформі, у результаті чого забезпечується оптимальний та прискорений обмін даних у єдиній мережі. Таким чином забезпечується єдиний інтегрований принцип управління всіма системами і складовими залізничного транспорту, у якому СКРП виступають інтегрованою ланкою єдиного інтелектуально-обчислювального керуючого комплексу. Джерелом цифровізації систем при цьому слугує функціональна сумісність підсистем різного призначення при збереженні критичного підходу до убезпечення єдиних баз даних (технологічної, сервісної та іншої інформації) [109]. Цілісне управління даними при цьому (в умовах інтеграції транспортних систем і технологій) призводить до трансформаційних змін в інтелектуальному керуванні трафіком у реальному часі. Це підвищує ступінь задоволеності споживачів продукції залізничного транспорту (пасажирів, вантажовідправників, підприємств оборонного комплексу тощо) завдяки наявності інформаційних станцій та персоніфікованих повідомлень, що отримують актуальну інформацію із централізованих баз даних. У таких умовах комплексна цифровізація залізничного транспорту визначається складовими процесу розвитку транспортних технологій.

Сучасні цифрові інформаційно-керуючі системи, виходячи з результатів дослідження, повинні відповідати таким вимогам: —



автоматизація наскрізних комплексних інформаційних технологій, що повністю підтримують бізнес-процеси галузі; – орієнтування на найбільш передові програмно-технічні засоби і сучасні мережі передачі даних; – максимальне усунення «людського фактора» за рахунок автоматичного введення даних;

– застосування засобів аналітичної обробки інформації для підтримки прийняття рішень; – побудова на базі оптимізаційних та імітаційних моделей.

**Мета і задача дослідження.** Метою магістерської роботи є підвищення ефективності роботи систем управління об'єктами на залізничних станціях.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні наукові задачі:

- виконати огляд характеристик функціонування об'єктів на залізничних станціях;
- розглянути особливості установки світлофорів й їхня сигналізація на станціях;
- розглянути параметри систем управління об'єктами на залізничних станціях;
- визначити характеристики функціонування систем управління об'єктами на залізничних станціях.

**Об'єкт дослідження** – процеси, які пов'язані з роботою об'єктів управління залізничної станції.

**Предмет дослідження** – інформаційні системи управління залізничною станцією.

**Методи дослідження** – порівняльно-аналітичні, математичні.

**Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:**

Отримали подальший розвиток спосіб оцінки ефективності заходів із забезпечення експлуатаційної готовності об'єктів залізничних систем за результатами дослідження, який базується на встановленому законі розподілу помилок програмного забезпечення.

Отримали подальший розвиток результати прогнозування впливу людського й технічного чинників на експлуатаційну надійність пристроїв залізничних систем.

**Практичне значення отриманих результатів:**

Запропоновані в роботі дані мають прикладний характер та спрямовані на підвищення показників експлуатаційної готовності, а також на зменшення ресурсоемності та підвищення ефективності контролю функціональних параметрів. Структура, функції мають перспективи подальшого розвитку щодо застосування в технологіях експлуатації інших видів транспорту – автомобільного, авіаційного, морського і річкового.

**Публікації:** Результати досліджень опубліковані в друкованих працях. У тому числі – статтях у збірниках наукових праць і тезах доповідей на науково-практичних конференціях.

# 1. ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЯХ

## 1.1 Огляд характеристик функціонування об'єктів на залізничних станціях

У пристроях автоматики й телемеханіки для регулювання руху поїздів на перегонах і станціях застосовують постійні сигнали. За допомогою сигналу передається наказ машиністові, що дозволяє або забороняє рух. Працівники залізничного транспорту повинні негайно виконувати вимоги сигналу всіма можливими способами

На залізничному транспорті використовують єдині для всіх залізниць сигнали, установлені Інструкцією із сигналізації на залізницях.

Сигнали підрозділяють на видимі й звукові. До видних сигналів ставляться: світлофори, диски, щити, ліхтарі, прапори, сигнальні покажчики й сигнальні знаки. Звуковими сигналами можуть бути свистки локомотивів, мотор-вагонних поїздів і дрезин, ручні свистки, духові ріжки, гудки й петарди.

Одним з важливих об'єктів на залізничному транспорті є світлофор. Для регулювання руху поїздів світлофор має наступні основні сигнальні показання: один зелений вогонь - дозволяється рух із установленою швидкістю, що впливає світлофор відкритий; один жовтий вогонь - дозволяється рух охоче зупинитися, що впливає світлофор закритий; один жовтий миготливий вогонь - дозволяється рух із установленою швидкістю, що впливає світлофор відкритий і вимагає проходження його зі зменшеною швидкістю; два жовтих вогні, з них верхній миготливий, - дозволяється рух зі зменшеною швидкістю (не більше 50 км/год); поїзд треба з відхиленням по стрілочному переводі, що впливає світлофор відкритий; два жовтих вогні - дозволяється рух зі зменшеною швидкістю (не більше 50 км/год) і готовністю зупинитися в наступного світлофора; поїзд треба з відхиленням по стрілочному переводі, що впливає світлофор закритий; один червоний

вогонь-стій, забороняється проїжджати сигнал. При організації маневрової роботи використають наступні сигнальні показання: місячно-білий - дозволяється маневровий рух; синій - забороняється маневровий рух.

Перерахована сигналізація світлофорів має швидкісний характер, тому що сигнальне показання не тільки дозволяє або забороняє рух, але й указує на швидкість, з якої можна здійснювати рух. Показання перегінного світлофора передає наказ на заборону або дозвіл руху в даного світлофора із установленою швидкістю й одночасно попереджає про стан поперед вартого світлофора й припустимої швидкості його проїзду. Вхідні світлофори передають накази на дозвіл або заборону в'їзду поїзда па станцію. Одночасно передають накази, з якою швидкістю поїзд може проїхати світлофор при вході на станцію й рухатися по прямій колії або з відхиленням по стрілочних переводах зі звичайними й пологими марками хрестовин.

По звичайних стрілочних переводах із хрестовиною марки 1/11 рух на бокову колію допускається зі швидкістю 40 км/год для вантажних й 50 км/год для пасажирських поїздок, але пологим переведенням із хрестовиною марки 1/18 - не більше 80 км/год и с хрестовиною марки 1/22 - не більше 120 км/год.

По призначенню світлофори підрозділяють на: прохідні - розв'язні або заборонні проїхати поїзду з однієї блок-дільниці на іншій; вхідні - розв'язному або заборонному поїзду впливати з перегону на станцію; вихідні - розв'язні або заборонні відправитися поїзду зі станції на перегін; маршрутні - розв'язному або заборонному поїзду проїхати з одного району станції в іншій; прикриття - для огороження місця перетинань залізниць в одному рівні з іншими дорогами; загороджувальні - потребуючі зупинки при небезпеці для руху, що виникла на переїздах при огороженні составів для огляду й ремонту вагонів на станціях; попереджувальні- попереджуючі про показання основного світлофора (вхідного, прохідного, загороджувального й прикриття); повторювальні - для сповіщення про показання вхідного, маршрутного й іншого світлофорів, коли по місцевих умовах видимість

основного світлофора не забезпечується; маневрові - розв'язне або заборонне виробництво маневрів; гіркові - розв'язний або заборонний розпуск составів з гірки; локомотивні - установлені в кабіні машиніста й розв'язному або заборонному поїзду впливати по перегоні й попереджуючі про показання колійного світлофора, до якого наближається поїзд.

При несправності сигналів рух дозволяється із провідником по письмовому дозволі або запрошувальному сигналі.

У випадку заборонного показання прохідного світлофора, а також з незрозумілим показанням або при погаслих вогнях прохідного світлофора проїзд забороняється. Машиніст зобов'язаний після зупинки відключити поїзний автостоп, відпустити автогальма й вести поїзд до наступного світлофора зі швидкістю не більше 20 км/год із особливою пильністю й готовністю негайно зупинитися, якщо зустрінеться перешкода для подальшого руху. У випадку коли наступний прохідний світлофор буде в такому ж стані, рух поїзда після зупинки триває в тім же порядку.

Прохідні світлофори автоблокування, установлені на зтяжних підйомах, де великоваговий поїзд після зупинки не зможе рушити з місця, забезпечуються додатковим щитком з відбивним знаком прозоро-білих кольорів у вигляді букви «Т». Закритий світлофор на зтяжному підйомі при наявності на ньому букви «Т» дозволяє проходження червоного вогню світлофора без зупинки лише вантажному поїзду певної вагової категорії, не перевищуючи швидкості 20 км/год, з особливою пильністю й готовністю негайно зупинитися, якщо зустрінеться перешкода для подальшого руху.

## **1.2 Установка світлофорів й їхня сигналізація на станціях**

Схематичним (однонитковий) планом станції є немасштабне однолінійне зображення шляхів, стрілок, світлофорів, ІС і інших об'єктів станції, виконане з дотриманням їх взаємного розташування і пропорцій в довжинах шляхів, і є основним документом для проектування ЕЦ.

Маневрові світлофори встановлюють:

- із спеціалізованих прийомо-відправних шляхів;
- для в'їзду на станцію з нецентралізованих зон;
- для огорожі стрілок, що примикають до прийомо-відправним шляхів;
- со всіх безстрілочних ділянок шляху в горловині станції;
- у горловині станції для виключення перепробега при маневровій роботі.

Проводиться нумерація стрілок і найменування світлофорів і шляхів.

Позначати станційні світлофори прийнято відповідно до напрямку руху поїздів. Вхідні сигнали позначаються заголовними буквами: Н—для світлофора, який регулює рух поїздів в непарному напрямі, і Ч—в парному. За наявності декількох підходів до станції одного напрямку (а значить, і декількох вхідних світлофорів) до Н (Ч) додається перша буква з назви найближчої дільничної станції, з якою прибувають поїзди цього напрямку (наприклад, ЧК, НВ). Позначення додаткових вхідних світлофорів утворюються додаванням букви Д (НД, ЧД).

При найменуванні вихідних світлофорів до букви напрямку руху Н (Ч) додається арабська цифра номера шляху (у тому числі і у разі, коли шлях нумерується римською цифрою), з якого цей світлофор вирішує рух (наприклад, НЗ, 42). Маршрутні світлофори позначаються аналогічно, але з додаванням букви М (наприклад, ЧМЗА, Нм4). Маневрові світлофори прийнято позначати літерою М з додаванням порядкового номера світлофора, причому в парній горловині станції використовуються парні номери, а в непарній — непарні; нумерація маневрових світлофорів проводиться від перегону до прийомо-відправних шляхів.



Поїзна робота станції проводиться по вхідному світлофору *H* і вихідним світлофорам *Ч11, Ч3, Ч4*. Маневрова робота організовується по маневрових світлофорах, які по експлуатаційному призначенню розділяються на чотири групи:

1) світлофори, що вирішують рух із станційних шляхів в горловину, частина цих світлофорів суміщена з вихідними *Ч11, Ч3, Ч4, М19*;

2) світлофори, що вирішують рух в зону централізації зі всієї безвиході, витяжок, примикань *М1, М3, М5*;

3) світлофори в горловині станції, що вирішують рух у бік парку шляхів *М13, М15, МП*;

4) світлофори в горловині станції, що вирішують рух у бік перегону *М, М.9, М11*.

Світлофори третьої і четвертої груп використовуються для ділення складних і довгих маневрових маршрутів на окремі частини, що дозволяє зменшити число ворожих пересувань і підвищити пропускну спроможність горловини.

Маневрова робота на шляхах *ІІІ (4П)* проводиться із заїздом за світлофор *М17*, а на шляхах *ІІІ (3П)* із заїздом за светофор-*М17*. Маневрова робота на шляхах *ІІІ (4П), ІІІ (3П)* проводиться кутовими маршрутами із заїздом за світлофор *М13 (М15)*. Зворотне пересування від світлофора *М13 (М15)* на шляху *ІІІ (4П)* здійснюється двома маршрутами: до світлофора *МП* і від даного світлофора на шлях.

Маневрове пересування з шляхів *ІІІ (4П)* на витяжку *І* проводиться наступними складеними маршрутами по діючих світлофорах третьої групи: від світлофора *Ч11 (Ч4)* до *М9*, від *М9* за *М1*. Є і інший варіант пересування по складених маршрутах: від *Ч11 (Ч4)* до *МП*, від *МП* до *М7*, від *М7* за *М1*.

За допомогою ділення складних маршрутів з'являється можливість проводити ряд одночасних пересувань в горловині станції. Для прикладу на



показаний випадок, коли при прийомі поїзда *П1* на шлях *ІП* одночасно виникла необхідність здійснити маневрові пересування складу *С2* з шляху *ІІП* на витяжку 1.

Якщо немає діючого світлофора *М9*, маневрове пересування здійснити не можна до тих пір, поки поїзд *П1* не звільнить стрілочну секцію *1-5СП*. За наявності світлофора *М9* маневрове пересування складу *С2* Дозволяється до цього світлофора. Подальший рух можливий після звільнення поїздом *П1* стрілочної ділянки *1-5СП*. Попереднім пересуванням складу *С2* до світлофора *М9* виграється час руху по даному маршруту.

У разі двох одночасних маневрових пересувань (рис. 1.2, в) складу *С1* на шлях *ІІІ* і складу *С2* на шлях *ІІП* ділення довжини маневрових маршрутів виконують світлофори *М13* і *М15*.

Показаний випадок двох одночасних пересувань складу *С1* з витяжки *1* на шлях *ІІІ* по світлофорах *М1*, *М15*, *МП* і складу *С2* з шляху *ІП* на витяжку *1* по світлофорах *М19*, *МП*, *М7*. Функцію діючого світлофора виконує світлофор *М7*, що захищає пересування складу *С2* до моменту звільнення стрілочної ділянки *1-5СП*.

При розробці маршрутизації станції для кращої організації поїздових і маневрових пересувань складні маршрути як по протяжності, так і конфігурації ділять на прості. За основу приймають елементарний маршрут, який представляє собою стрілочну ізольовану ділянку, в яку входять одна, дві і три стрілки, або безстрілочна шляхова ділянка у горловині станції. З елементарних маршрутів складаються складні маневрові і поїздові маршрути.

На схемі станції елементарні маршрути позначені номерами стрілочних або безстрілочних секцій, а їх межі відмічені ізолюючими стиками. Шляхом з'єднання елементарних маршрутів можна отримати будь-які поїзні маршрути, у тому числі і варіантні.

Прийом поїзда на шлях *ІП* можна здійснити трьома варіантними маршрутами шляхом з'єднання наступних елементарних маршрутів:

- 1) *НП*, *1-5СП*, *11 СП*, *19-23СП*;

2) *НЛ, 1-5СП, 3-9СП, 9/13СП, 13-17СП, 19-23СП;*

3) *НП, 1-5СП, 3-9СП, 11СП, 19-23СП.*

### **1.3 Огляд показників**

Головна ідея залізничної світлофорної сигналізації полягає в тому, що кожен світлофор повідомляє машиністові інформацію не тільки про те, з якою швидкістю його можна пройти, але і про швидкість того, що пройшло наступного світлофора.

Приклад взаємної ув'язки сигнальних свідчень станційних світлофорів приведений на рис. 1.2. Вхідні світлофори (Н, рис. 1.2) можуть подавати наступні сигнали:

- один червоний вогонь — «Стій! Забороняється проїздити сигнал»;
- один жовтий вогонь — «Дозволяється поїзду слідувати на станцію по головному шляху з готовністю зупинитися; наступний світлофор (маршрутний або вихідний) закритий»;
- один жовтий миготливий вогонь — «Дозволяється поїзду слідувати на станцію по головному шляху зі встановленою швидкістю; наступний світлофор (маршрутний або вихідний) відкритий і вимагає того, що пройшло його із зменшеною швидкістю»;
- два жовті вогні — «Дозволяється поїзду слідувати на станцію на бічний шлях із зменшеною швидкістю і готовністю зупинитися; наступний світлофор закритий»;
- два жовті вогні, з яких верхній миготливий — «Дозволяється поїзду слідувати на станцію із зменшеною швидкістю на бічний шлях; наступний світлофор (маршрутний або вихідний) відкритий»;
- один зелений вогонь — «Дозволяється поїзду слідувати на станцію по головному шляху зі встановленою швидкістю; наступний світлофор (маршрутний або вихідний) відкритий»;

- один місячно-білий миготливий вогонь (запрошувальний сигнал) — «Дозволяється поїзду пройти світлофор з червоним (або що згас) вогнем і продовжувати рух до наступного світлофора з швидкістю не більше 20 км/год з особливою пильністю і готовністю негайно зупинитися, якщо зустрінеться перешкода для подальшого руху».

Маршрутні світлофори (НМ1а, НМ3, рис. 1.2) можуть подавати наступні сигнали:

- Один червоний вогонь – «Стій! Забороняється проїздити сигнал»
- Один жовтий вогонь – «Дозволяється рух з готовністю зупинитися; наступний світлофор (маршрутний або вхідний) закритий»;

- Один жовтий миготливий вогонь – «Дозволяється проходження світлофора зі встановленою швидкістю; наступний світлофор (маршрутний або вихідний) відкритий і вимагає того, що пройшло його із зменшеною швидкістю»;

- Два жовті вогні – «Дозволяється те, що пройшло світлофора із зменшеною швидкістю і готовністю зупинитися на станції; поїзд слідує на бічний шлях; наступний світлофор закритий»;

- два жовті вогні, з яких верхній миготливий — «Дозволяється те, що пройшло світлофора із зменшеною швидкістю; поїзд слідує на бічний шлях; наступний світлофор (маршрутний або вихідний) відкритий»;

- один зелений вогонь — «Дозволяється рух зі встановленою швидкістю; наступний світлофор (маршрутний або вихідний) відкритий».

Вихідні світлофори (Н1 на рис. 1.2) можуть подавати наступні сигнали:

- один червоний вогонь — «Стій! Забороняється проїздити сигнал»;
- один жовтий вогонь — «Дозволяється поїзду відправитися із станції і слідувати з готовністю зупинитися; наступний світлофор закритий»;

- два жовті вогні — «Дозволяється поїзду відправитися із станції із зменшеною швидкістю; поїзд слідує з відхиленням по стрілочному перекладу; наступний світлофор закритий»;

- два жовті вогні, з яких верхній миготливий — «Дозволяється поїзду відправитися із станції із зменшеною швидкістю; поїзд слідує з відхиленням по стрілочному перекладу; наступний світлофор відкритий»;

- один зелений вогонь — «Дозволяється поїзду відправитися із станції і слідувати зі встановленою швидкістю; попереду вільні два або більш блок-дільниці».

На двоколіїних ділянках, де рух по правильному шляху здійснюється по сигналах автоблокування, а по неправильному шляху — за свідченнями локомотивного світлофора, при відправленні із станції на неправильний шлях подається сигнал:

- один жовтий миготливий і один місячно-білий вогні—«Дозволяється поїзду відправитися із станції із зменшеною швидкістю не більше 40 км/год і далі слідувати по неправильному шляху за свідченнями локомотивного світлофора»

Прохідні світлофори (1,5 на рис. 1.2) можуть подавати наступні сигнали:

- один червоний вогонь — «Стій! Забороняється проїздити сигнал»;
- один жовтий вогонь — «Дозволяється рух з готовністю зупинитися; наступний світлофор закритий»;

- один зелений вогонь — «Дозволяється рух зі встановленою швидкістю; попереду вільні два або більш блок-дільниці».

Передвхідні світлофори (1 на рис. 1.2), крім того, можуть подавати наступні сигнали:

- один жовтий миготливий вогонь—«Дозволяється рух зі встановленою швидкістю; вхідний світлофор відкритий і дозволяється його проходження із зменшеною швидкістю; поїзд приймається на бічний шлях станції».

Конструктивно прохідні світлофори виконуються щогловими.

На всіх лініях залізниць, обладнаних АБ, а також на ряду ліній з ПАБ сигнальні свідчення світлофорів доповнюються АЛС, при якій в РЦ, що захищається світлофором, посилаються спеціальні коди, залежні від

сигнального свідчення. На рис. 1.2 показана ув'язка код АЛС з сигнальними свідченнями станційних світлофорів.

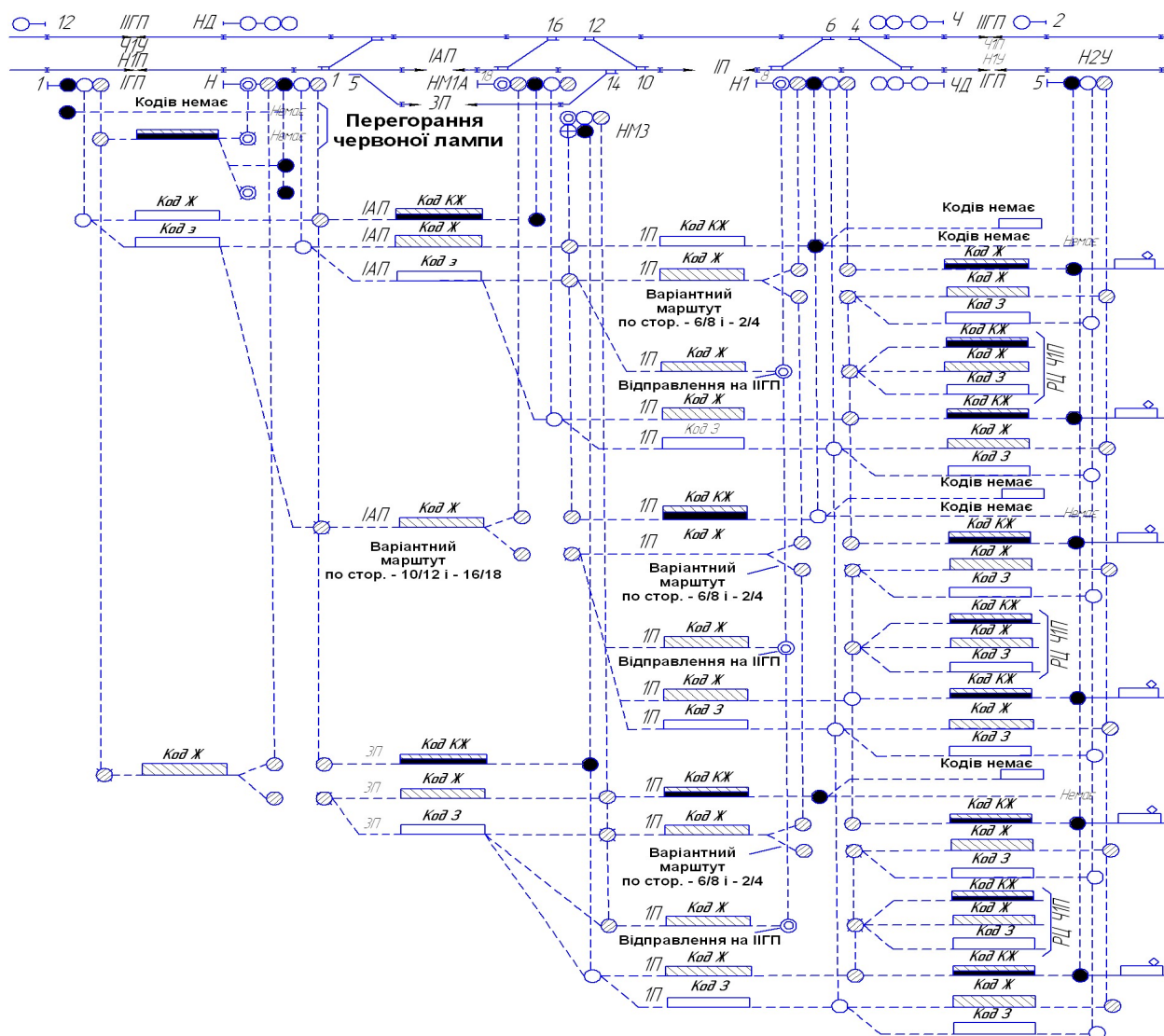


Рис. 1.2 Приклад взаємної ув'язки сигнальних свідчень станційних світлофорів.

Світлофори розташовують із правого боку по напрямку руху, або над віссю колії, що обгороджує ними. Установлюють світлофори з дотриманням габариту наближення будов. На перегонах і прямих ділянках колії світлофори розміщують на відстані від осі колії не менш 3100 мм, на прямих ділянках станційних колій щоглові світлофори - на відстані не менш 2450 мм, карликові світлофори - не менш 1920 мм.

Вхідні світлофори розміщують від першого вхідного стрілочного переводу на відстані не менш 50 м від гостряка проти-шерстного або граничного стовпчика пошерстного стрілочного переводу. На електрифікованих ділянках вхідні світлофори встановлюють перед повітряними проміжками (з боку перегону), що відокремлюють контактну мережу перегону від контактної мережі станції, на відстані до 300 м. Вихідні світлофори розміщують із кожної відправної колії поперед місця, призначеного для стоянки локомотива поїзда, що відправляється. Прохідні світлофори автоблокування встановлюють на границях блокучастків, а прохідні світлофори релейного напівавтоматичного блокування - на границях міжпостових перегонів.

На рис. 1.3 показана сигналізація на станції зі звичайними стрілочними переводами із хрестовинами марок 1/9 й 1/11, що розташована на ділянці, обладнаній тризначним автоблокуванням.

При горінні на вхідному світлофорі червоного вогню або одночасно палаючих червоних і запрошувальних, білого вогнів на передвхіднім світлофорі горить жовтий вогонь. Приймання поїзда на головну колію III із зупинкою дозволяється горінням одного жовтого вогню, без зупинки (наскрізний пропуск) — горінням зеленого вогню.

Якщо замість зеленого вогню на вхідному світлофорі горить жовтий миготливий вогонь, то це показує, що на вихідному світлофорі горять два жовтих вогні (установлений варіантний маршрут відправлення) і поїзду дозволяється впливати на станцію із установленою швидкістю, вихідний світлофор вимагає проходження його зі зменшеною швидкістю.

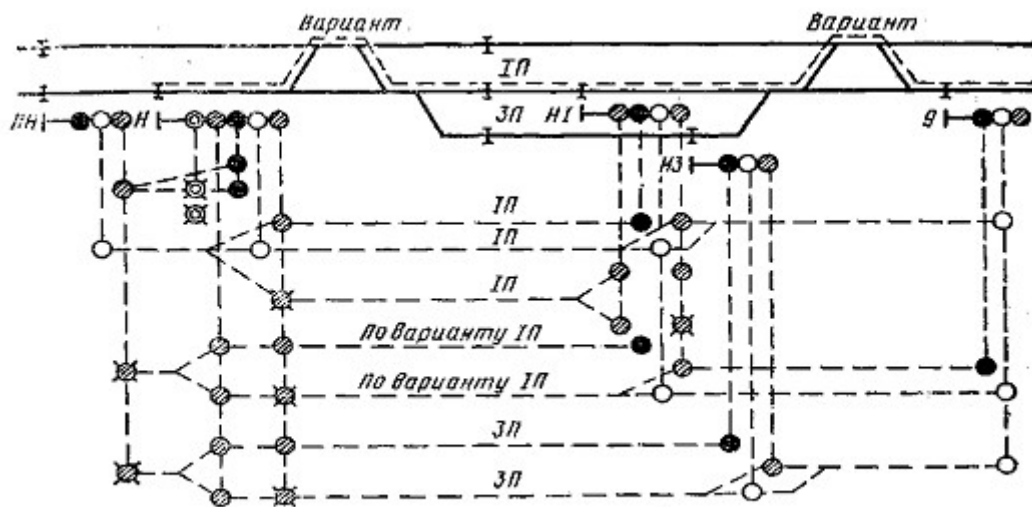


Рис. 1.3 Сигналізація станційних світлофорів для станцій зі звичайними стрілками

При прийманні поїзда на головну колію з відхиленням по стрілках (варіантний маршрут) на входному світлофорі можуть горіти: два жовтих вогні, що дозволяють впливати на станцію зі зменшеною швидкістю, вихідний світлофор закритий і потрібна зупинка; два жовтих вогні, з них верхній миготливий - дозволяється впливати на станцію зі зменшеною швидкістю, вихідний світлофор відкритий, зупинки не потрібно. На передвхіднім світлофорі горить жовтий миготливий вогонь.

При прийманні на бокову колію *ЗП* на входному світлофорі горять два жовтих вогні, що дозволяють рух зі зменшеною швидкістю охоче зупинитися в закритого світлофора; горіння двох жовтих вогнів, з них верхній миготливий — дозволяється проїхати по боковій колії станції неспинно зі зменшеною швидкістю.

На великих станціях для збільшення пропускної здатності застосовують маршрутні світлофори.

Як описано в роботах [15-18], маршрутні світлофори *НМІА* и *НМЗА* ділять станцію від вхідного до вихідного світлофора на ділянки й дозволяють або забороняють рух поїзда з однієї ділянки станції на іншій.

Приймання поїзда із зупинкою на колії *ЗАП* дозволяється горінням двох жовтих вогнів на вхідному світлофорі.

Приймання поїзда на колію *ЗАП* і проходження на колію *ЗП (ІП)* дозволяється горінням двох жовтих вогнів, з них верхній миготливий, вхідного світлофора й горінням жовтого або зеленого вогню маршрутного світлофора. Пропуск по коліях *ІАП* і *ЗП* дозволяється горінням на вхідному світлофорі одного жовтого миготливого вогню, на маршрутному світлофорі *НМІА* двох жовтих вогнів, з них верхній вогонь миготливий. Пропуск по коліях *ІАП* й *ІП* дозволяється горінням на вхідному світлофорі зеленого вогню, на маршрутному *НМІА* — жовтого або зеленого вогню.

У випадку відправлення з колії *ІП* по варіантному маршруті на маршрутному світлофорі горить жовтий миготливий вогонь, що вимагає проходження вихідного світлофора зі зменшеною швидкістю.

Приймання на колію *ІАП* по варіантному маршруті й пропуск на колію *ІП* дозволяються горінням на вхідному світлофорі двох жовтих вогнів-верхнім миготливий, горінням на маршрутному світлофорі *НМІА* жовтого або зеленого вогню.

На рис. 1.4 показана сигналізація на станціях зі стрілочними переводами із хрестовинами марок 1/18 й 1/22.

Приймання поїзда на бокову колію до маршрутного світлофора *НМІА* дозволяється горінням на вхідному світлофорі двох жовтих вогнів й однієї світної зеленої смуги. Поїзд повинен впливати па станцію зі швидкістю не більше 80 км/год охоче зупинитися в маршрутного світлофора.





впливати на колію *ЗП* зі швидкістю не більше 80 км/год і зупинитися у світлофора *НЗ*.

При відкритому вихідному світлофорі на маршрутному світлофорі горять два жовтих вогні — верхня миготлива й зелена смуга; поїзду дозволяється проїхати на колію *ЗП* зі швидкістю не більше 80 км/год, вихідний світлофор відкритий і його можна проїхати зі зменшеною швидкістю.

У випадку горіння на вихідному світлофорі жовтого або зеленого вогню на маршрутному світлофорі горить жовтий вогонь, зелена миготлива й зелена смуга; поїзду дозволяється проїхати вихідний світлофор зі швидкістю не більше 80 км/год.

На станціях зі стрілочними переводами із хрестовинами марок 1/22 при безупинному пропусканні по боковій колії вхідний світлофор сигналізує горінням одного зеленого миготливого вогню, одного жовтого вогню й двома зеленими світними смугами.

Поїзду дозволяється проїхати на станцію зі швидкістю не більше 120 км/год на бокову колію; наступний світлофор відкритий і дозволяє проходження його із установленою швидкістю. На окремих станціях вхідний світлофор для дозволу моторвагонному поїзду впливати на вільну ділянку колії з особливою обережністю й швидкістю не більше 25 км/год до маршрутного світлофора із червоним вогнем сигналізує горінням трьох жовтих вогнів. Щоб уникнути затримок при прийманні й відправленні поїздів через несправність пристроїв на вхідних, вихідних і маршрутних світлофорах передбачають запрошувальні місячно-білі вогні миготливі й немиготливі.

Запрошувальний вогонь включає черговий по станції, чим дозволяє поїзду проїхати світлофор із червоним вогнем (або погаслої) і продовжувати рух до наступного світлофора (або до граничного стовпчика при прийманні на колію без вихідного світлофора) зі швидкістю не більше 20 км/год із

особливою пильністю й готовністю негайно зупинитися, якщо зустрінеться з перешкодою для подальшого руху.

На вихідних світлофорах запрошувальний сигнал може застосовуватися лише на двоколіїних лініях, обладнаних автоблокуванням, і тільки при русі по правильній колії. Запрошувальний місячно-білий вогонь загоряється одночасно із червоним вогнем або без червоного вогню.

На рис. 1.5 показана сигналізація на проміжних станціях з поздовжньою схемою колій ділянок диспетчерської централізації.

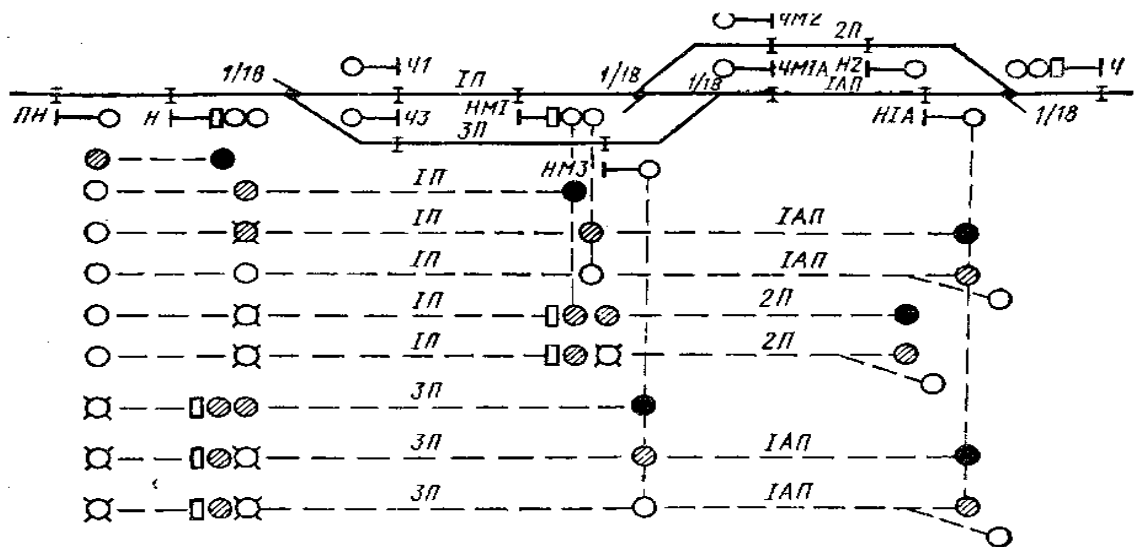


Рис. 1.5 Сигналізація на проміжних станціях з поздовжньою схемою

За допомогою маршрутних світлофорів організується невпинне схрещення поїздів при одночасному підході зустрічних поїздів до станції. На наведеному рисунку показана сигналізація для випадків: приймання поїзда по світлофорі *Н* з зупинкою на колії *ІІІ*; безупинне пропускання по коліях *ІП*, *ІАП*; приймання із зупинкою на колії *ІІП*; безупинне пропускання по коліях *ІП*, *ІІП*; приймання із зупинкою на колії *ІІІП*, приймання із проходженням колії *ІІІП* і зупинкою на колії *ІАП*; безупинне пропускання по

коліях *3П, 1АП*. Сигналізація при прийманні й пропуску поїзда по світлофорі *Ч* аналогічна.

При одночасному підході поїздів до станції для невпинного схрещення диспетчер установлює маршрути: у непарному напрямку — безупинне пропускання по колії *3П* і зупинка на колії *1АП*; у парному напрямку — аналогічні маршрути по коліях *1П, 2П*.

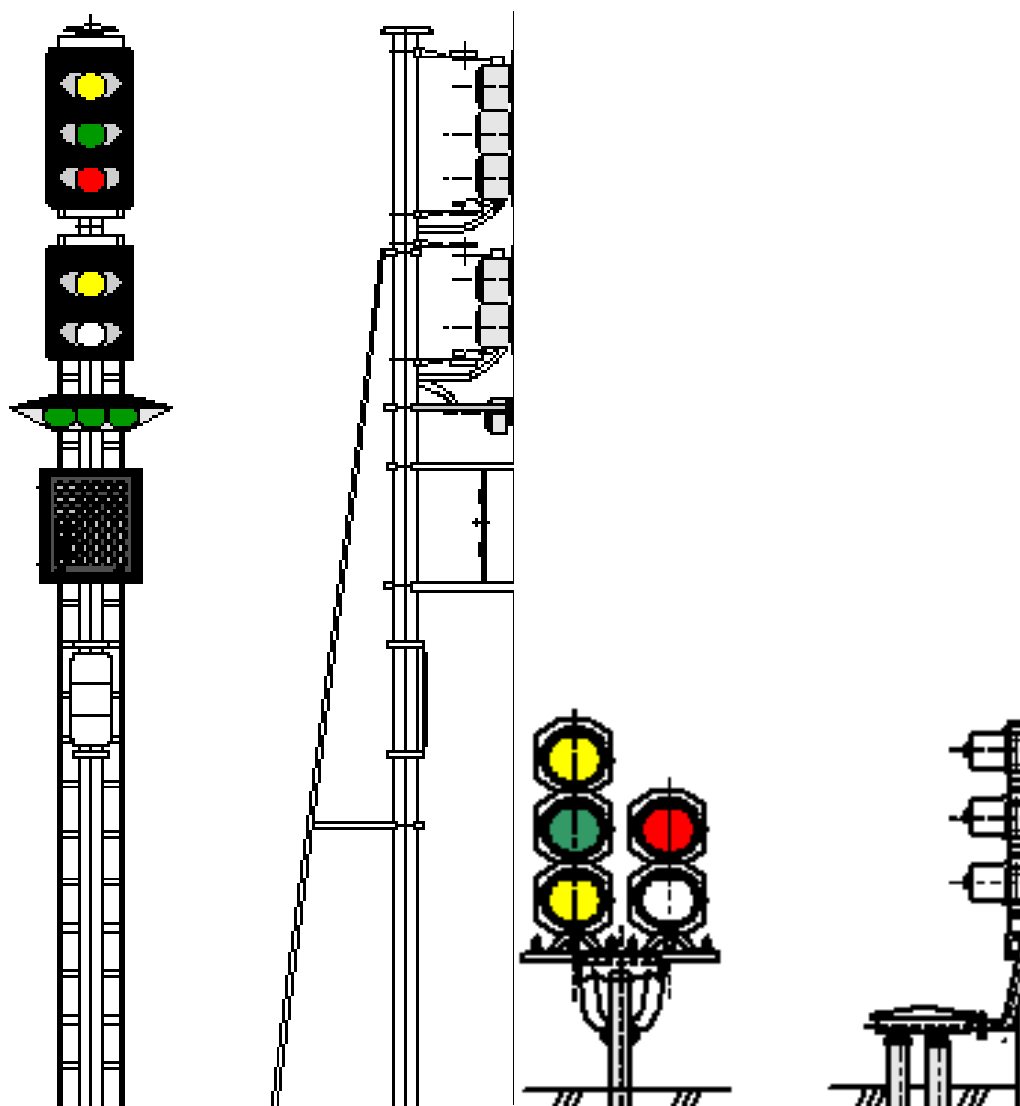


Рис. 1.6 Загальний вигляд світлофорів

а) щогловий; б) карликовий;

За час руху зустрічних поїздів по своїх маршрутах звільнюються стрілочні горловини вихідних стрілок, і диспетчер установлює маршрути відправлення з колій *IAП* у непарному напрямку й *IP* у парному.

Відкриті вихідні світлофори дозволяють поїздам неспинно проїхати зі станції на перегін. Для організації обгону поїздів у непарному напрямку диспетчер перший поїзд приймає по маршруті через колію *ЗП* із зупинкою на колії *IAП*; другий поїзд неспинно пропускається по коліях *IP*, *2П*.

Для регулювання руху поїздів на перегонах і станціях застосовують у якості основних лінзові світлофори. Конструктивно світлофори можуть бути щоглові або карликові.

**Щоглові** вхідні й тризначний перегінний світлофори установлюють на залізобетонній щоглі. Вся оптична система світлофора поміщена у світлофорній голівці, укріпленої до щогли за допомогою двох кронштейнів. Перегінний світлофор має одну тризначну голівку, вхідний — дві двозначні й одну однозначну. Крім того, на щоглі вхідного світлофора укріплений показчик швидкості із зеленою смугою.

Після установки світлофорної голівки кронштейни, показники офарблюють алюмінієвою або ясно-сірою олійною фарбою, залізобетонні щогли не офарблюють.

Тризначна світлофорна голівка складається із чавунного корпуса із кришкою; внутрішніх перегородок, *що* розділяють лінзові комплекти вогнів світлофора; козирків, *що* запобігають влучення на лінзові комплекти сонячних променів, отчого може з'явитися помилковий вогонь світлофора; клемних колодок, призначених для монтажу проводів.

Основною частиною голівки є лінзовий комплект, *що* складається із чавунного корпуса, зовнішньої безбарвної східчастої лінзи, внутрішньої кольорової східчастої лінзи, лампопіддержувач з лампою потужністю 15—25 Вт, напругою 12 В. Світлофорні лампи для червоних вогнів роблять із двома нитками розжарення. При перегорянні однієї нитки лампа перемикається на іншу нитку розжарення й на світлофорі продовжує горіти червоний вогонь.

Світловий потік лампи, що проходить через кольорову лінзу, офарблюється в сигнальні кольори, а проходячи через другу лінзу, перетворюється в сигнальний промінь великої концентрації з малим кутом розсіювання. Світлофорна голівка забезпечується фоновим щитком для кращого сприйняття сигнальних показань на фоні навколишнього середовища.

Карликові світлофори мають двозначну або тризначну голівку, укріплену на бетонному фундаменті. Вони застосовуються на станціях, де через скрутність габаритів не можна ставити щоглові світлофори. Карликові світлофори використовують у якості маневрових на вихідних коліях, по яких не передбачають невинний (наскрізний) пропуск поїздів.

**Прожекторний** світлофор має одну або дві голівки, установлені на щоглі. У фокусі рефлектора розташована лампа потужністю *лінзовими комплектами* 5—10 Вт, напругою 10 В. Відбиті промені, збираючись у фокусі, проходять через кольоровий світлофільтр, укріплений у подвижній рамці із трьома кольоровими стеклами. Рамка може займати три положення й переводиться з одного в інше прожекторним поляризованим механізмом. Механізм має постійні магніти, сегменти, надягнуті на вісь, що проходить через котушку.

Перед світлофільтрами на фокусній відстані розміщені дві лінзи, за допомогою яких пофарбований світловий потік концентрується в сильний світловий промінь із кутом розсіювання 1—2°.

Вставка, що відхиляє, і зовнішня розсіювальна лінза забезпечують видимість вогню світлофора на близькій відстані й на кривих ділянках колії. Рамка зі світлофільтрами переводиться із середнього положення в один із крайніх станів під дією струму прямій або зворотної полярності, що проходить через котушку.

Під дією магнітного поля котушки сегменти й переміщуються й повертається рамка в крайнє положення, коли у фокусі лучачи рефлектора розташовується жовте або зелене скло світлофільтра. При вимиканні струму

з котушки сегменти встановлюють рамку в середнє положення й на світлофорі з'являється червоний вогонь.

Прожекторні світлофори економічні по витраті електроенергії завдяки використанню малопотужних ламп. По конструкції й надійності роботи вони більше складні й менш надійні в порівнянні з лінзовими світлофорами, тому їхнє застосування обмежене.

Щоб забезпечити гарну видимість вхідних, прохідних, попереджувальних світлофорів і світлофорів прикриття, роблять наведення вогнів світлофорів. Цим забезпечують виразну видимість сигнальних вогнів з поїзда, що наближається, на відстані: не менш 1000 м - на прямих ділянках; не менш 400 м - на кривих ділянках; не менш 200 м - у гористій місцевості або глибоких виїмках.

Видимість вихідних і маршрутних світлофорів головних колій повинна бути гарної на відстані не менш 400 м, вихідних і маршрутних світлофорів з бокових колій, а також маневрових світлофорів - на відстані не менш 200 м.

**Маршрутні світлові покажчики** встановлюють на щоглах вхідних і вихідних світлофорів і використовують для цифрового й буквеного показання напрямку руху.

У покажчику розміщують 42 світлові осередки, які сигналізують білим або зеленим кольорами. На вхідних і маршрутних світлофорах розміщують покажчики з лампочками білих кольорів.

При загорянні лампочок у покажчику з'являється номер колії приймання або напрямку прямування поїзда.

На вихідних світлофорах установлюють покажчики напрямків з лампочками білих кольорів або покажчики колії з лампочками зелених кольорів.

**Показчик швидкості** із зеленою світною смугою складається із чавунного корпусу, у якому поміщені три лінзових комплекти карликових світлофорів із зеленими світлофільтрами. Показчик швидкості розміщують на вихідних і вхідних світлофорах на станції з пологими стрілками для дозволу руху з підвищеною швидкістю по цих стрілках.

**Показчик білого кольорів** у вигляді двох стріл, звернених униз, установлюють на вхідному, вихідному, маршрутному й прохідному світлофорах.

### **Висновки по 1 розділу**

Огляд сучасного стану систем управління об'єктами на залізничних станціях та особливостей їх роботи показав, що узгодженість між учасниками залізничного процесу є не завжди ідеальною. Встановлено, що характерними рисами застосування технологій перевезень вантажів та пасажирів є визначення ефективності виконання відповідних операцій, із зазначенням їх тривалості, послідовності, обладнання яке використовується, витрат матеріалів та праці.



## ВИСНОВКИ

Проведений детальний аналіз особливостей функціонування систем управління об'єктами на залізничних станціях. З'ясовано, що від ефективності їх функціонування залежить швидкість обробки потягів на станціях, пропускна спроможність станцій, і як наслідок, ефективність роботи залізничних дільниць у цілому.

Складено технічну й експлуатаційну характеристику організації маршрутизації поїздів на залізничній станції світлофорною сигналізацією. Проаналізовано стан застосовуваних сигналів, описаний принцип дії й види застосовуваних світлофорів й їх централізація на станціях.

Проаналізовані існуючі технологічні процеси взаємодії засобів світлофорної сигналізації при обробці маршрутів поїздів на станціях. Для ефективної обробки маршрутів, що забезпечують високу пропускну й провізну спроможності, безпеку руху поїздів на залізничних лініях, збільшення перероблювальної спроможності станцій використовують засоби автоматики й телемеханіки.

Встановлено, що в теперішній час система АСК ВП УЗ-Є повинна відповідати процесам інтелектуалізації транспортних систем, що, в свою чергу, спрямовує її бути розподіленою інтелектуальною системою управління, координації та контролю на рівнях тактичних та стратегічних завдань функціонування логістичної системи, її інфраструктури, а також у процесі здійснення взаємодії між даною системою та зовнішнім середовищем. При цьому інтелектуалізація даної системи повинна полягати у ефективному вирішенні логістичних завдань різного рівня для неможливості людиною зробити помилки під впливом факторів інформаційної складності, великої розмірності, умов невизначеності, певної ізольованості елементів системи.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ключев С.О. Підвищення безпеки руху на залізниці / С.О. Ключев // Вісник СХУ ім. В.Даля. – Северодонецьк: СХУ ім. В.Даля. – 2016. – Вип. № 1 (225). – С. 104 – 107.
2. Фомін, О.В. Розробка методики впровадження різних профілів в якості складових елементів несучих систем вантажних вагонів [Текст] / О.В. Фомін // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків. – 26'2012. – С. 29 – 33.
3. Digital Signalling & Train Control In-Depth Focus 2018 // Global Railway Review. 2018. URL: <https://www.globalrailwayreview.com/article/75634/digitalsignalling-train-control-in-depth-focus-2018/> (дата звернення: 17.10.2023).
4. Fei Yan, Chunhai Gao, Tao Tang, Yao Zhou, A Safety Management and Signaling System Integration Method for Communication-Based Train Control System. Urban Rail Transit. 2017. Vol 3. Issue 2. P. 90 – 99.
5. Bickell MirseD. Improving performance and capacity on the railway. Railengineer. 26th march. 2018. URL: <https://www.railengineer.co.uk/2018/03/26/improving-performance-and-capacity-on-the-railway/> (дата звернення: 19.11.2023).
6. Australia's train signalling set to go digital. ITnews. Aug 28 2015. URL: <https://www.itnews.com.au/news/australias-train-signalling-set-to-go-digital-408467> (дата звернення: 19.10.2023).
7. Marais J., Beugin J., Verbineau M. A Survey of GNSS-Based Research and Developments for the European Railway Signaling. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2017, Vol. 10 (18). P. 2602 – 2618.
8. Кузьменко Д.М. Модернізація пристроїв залізничної автоматики. Залізничний транспорт України. 2009. Вип. № 4. С.51 – 53.

9. Кошевий С.В. Романчук В.Б. Сучасні інформаційні технології в системах залізничної автоматики. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2011. Вип. № 4. С. 91 – 98.
10. Мікропроцесорна централізація. URL: <http://rwa.ua/resheniya/promyishlennyiy-zheleznodorozhnyiy-transport/mpts.html?lang=uk> (дата звернення: 09.11.2023).
11. Автоматизована система мікропроцесорної централізації для промислового транспорту. Copyright by Ipra-Soft Designed by Ipra-Soft. 2016. URL: [http://www.ipra-soft.com/mpc\\_tr\\_u.html](http://www.ipra-soft.com/mpc_tr_u.html) (дата звернення: 03.11.2023).
12. Інноваційні мікропроцесорні системи управління рухом поїздів від RWA. Журнал «Залізничне постачання». 2019. Вип. №1. С. 30 – 33.
13. Розроблення заходів із підвищення надійності та безпечності функціонування мікропроцесорних систем залізничної автоматики: звіт про НДР (заключний) / Харків. Український державний університет залізничного транспорту; кер. А. Бойнік; викон.: О. Каменєв [та ін.]. номер держреєстрації 0116U004891. Харків, 2018.
14. Розроблення системи підтримки прийняття рішень з організації перетинань потоків різних видів транспорту»: звіт про НДР (заключний) / Харків. Український державний університет залізничного транспорту; кер. А. Бойнік; викон.: О. Каменєв [та ін.]. номер держреєстрації 0115U000274. Харків, 2016.
15. Науково-практичний підхід підвищення безпеки дорожнього руху на залізничних переїздах: звіт про комплексну НДР (заключний) / Харків. Харківський національний автомобільно-дорожній університет; кер. І. Наглюк; викон.: О. Каменєв [та ін.]. номер держреєстрації 0115U03272, 0115U00274. Харків, 2016.
16. Kutsenko M., Ohar O., Rozsokha O., Smachilo Yu. Evaluation of the railway traffic safety level using the additive resultant indicator. Eastern-european journal of enterprise technologies. №6/3 (90). 2017. P. 48 – 57.

17. Rojko A. Industry 4.0 Concept: Background and Overview. ECPE European Center for Power Electronics e.V.. Nuremberg. Germany. 2017. Vol. 11 № 5. P. 77 – 90.
18. Kans M., Galar D., Thaduri A. Maintenance 4.0 in Railway Transportation Industry. A data fusion approach of multiple maintenance data sources for real-world reliability modeling. 2016. P.317 – 331 DOI: 10.1007/978-3-319-27064-7\_30.
19. Shukla D. Industry 4.0 Solutions For New-Age Railways And Airways. 2019. URL:<https://electronicsforu.com/technology-trends/tech-focus/industry-4-solutionsrailways-airways> (дата звернення: 28.12.2023).
20. Мойсеєнко В.І., Огар О.М., Гаєвський В.В. Розвиток залізничних цифрових систем та технологій у контексті інженерії 4.0. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2019. Вип.№ 3. С. 11 – 20.
21. Kanso K., Moller F., Setzer A. Automated Verification of Signalling Principles in Railway Interlocking. Electronic Notes in Theoretical Computer Science Systems. 2009. Vol. 250, Issue 2. P.19 – 31. DOI:10.1016/j.entcs.2009.08.015.
22. Sener I., Kaymakc O. T. , Usto Glu 'I, , Cansever G. Specification and formal verification of safety properties in a point automation System. Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences. 2016. Vol.24 P. 1384 – 1396. DOI:10.3906/elk-1311-27.
23. M.Aanæs Hoang Phuong Thai. Modelling and Verification of Relay Interlocking Systems. Technical University of Denmark Informatics and Mathematical Modelling Denmark. Kongens Lyngby. 2012. P. 360.
24. Fantechi A., LecomteT., Romanovsky A. Reliability, Safety, and Security of Railway Systems. Modelling, Analysis, Verification, and Certification: second International conference, RSSRail, 2017 Pistoia, Italy, November 14 – 16, 2017 Proceedings. 2017. Pistoia. Italy. P. 217. DOI: 10.1007/978-3-319-68499-4.

25. Про затвердження інструкції з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) ЦШ-0060: Наказ Державної адміністрації залізничного транспорту України 07.10.2009 № 090-ЦЗ / Головне управління автоматики, телемеханіки та зв'язку. Київ. 2009.
26. Про затвердження технологічного процесу обслуговування ЦШ/0042: Наказ від 26.04.2006 № 347-ЦЗ. / Затверджений наказом Державної адміністрації залізничного транспорту України. 117. Про затвердження типового проекту організації роботи ремонтнотехнологічної дільниці дистанції сигналізації та зв'язку: Наказ від 08.11.2006 173 № 664-ЦЗ / Затверджений наказом Державної адміністрації залізничного транспорту України.
27. Розроблення заходів із підвищення надійності та безпечності функціонування мікропроцесорних систем залізничної автоматики: звіт про НДР (остаточний) / Харків. Український державний університет залізничного транспорту; кер. А.Б. Бойнік; викон.: О.В.Щебликіна [та ін.]. № держреєстрації 0116U004891. Харків, 2018. Розділ 4.
28. Проведення експертизи технічних рішень та методики розрахунку регулювальних таблиць тональних рейкових кіл. / Харків. Український державний університет залізничного транспорту; кер. Мороз В.П.; викон.: О.В.Щебликіна [та ін.]. Додаток В ,п.2.1, 2.2.
29. V. Samsonkin, O. Goretskyi, V. Matsiuk, V. Myronenko, A. Voinik, V. Merkulov. Development of an approach for operative control over railway transport technological safety based on the identification of risks in the indicators of its operation. Східно-Європейський журнал передових технологій. Вип. 6/3 (102) 2019. С. 6 – 14.
30. Hwang J.-G., Baek J.-H., Jo H.-J., Lee K.-M. Black-box testing tool of railway signalling system software with a focus on user convenience.. WIT Transactions on The Built Environment. Korea. 2014. Vol 135. P. 99-108.

- DOI:10.2495/CR140081 123. Short R.C. Software Validation for a Railway Signalling System. IFAC Proceedings. 1983. Vol.16. Issue 18., P. 183 – 193.
31. Chen X., Wang D., Huang H., Wang Z. Verification and validation in railway signalling engineering – an application of enterprise systems techniques. Enterprise Information Systems. 2014. Vol. 8:4 P. 490-511. DOI: 10.1080/175 17575.2013.835071.
32. Testing and Commissioning of Signalling and Operational Telecommunications Systems. Railway Group Standard. December 2000. P. 5 – 45. 174.
33. Takashige T. Signalling Systems for Safe Railway Transport. Japan Railway & Transport Review 21. September 1999. Technology. 1999.Japan. P. 44-50.
34. Busard S., Cappart Q., Limbrée C. Pecheur C., Schaus P. Verification of railway interlocking systems. 4th International Workshop on Engineering Safety and Security Systems 2015 (ESSS'15) EPTCS 184.2015. 2015. Belgium. P. 19 – 31, doi:10.4204/EPTCS.184.2.
35. Bonacchi A. Fantechi A., Bacherin S. ; Tempestini M. Validation process for railway interlocking systems. Science of Computer Programming. 2016. Italy. Vol. 128. P. 2 – 21 DOI:10.1016/j.scico.2016.04.004.
36. Fantechi A., Fokkink W., Morzenti A. Some Trends in Formal Methods Applications to Railway Signaling. Italy. November 2012. P.1 – 20. DOI: 10.1002/9781118459898.ch4.
37. Amparo Morant Estevan, Dependability and Safety Evaluation of Railway Signalling Systems Based on Field Data. Doctoral thesis: Operation and Maintenance Engineering Luleå University of Technology Luleå, Sweden. 2015. ISSN 1402-1544.
38. Nowakowski W., Bojarczak P., Lukasik Z. Verification and Validation of Railway Control Systems Using an Expert System. Intelligent Transport Systems – From Research and Development to the Market Uptake: First

- International Conference, INTSYS 2017, Hyvinkää, Finland, November 29-30, 2017, Proceedings. P.43 – 52.
39. Luteberget B., Johansen C. Efficient verification of railway infrastructure designs against standard regulations. *Formal Methods in System Design*. February 2018, Volume 52, Issue 1, pp. 1 – 32.
  40. Moiseenko V., Kameniev O., Butemko V., Gaievskiy V. Determination model of the apparatus state for railway automatics with restrictive statistical data. *Procedia Computer Science*. Kharkiv. Vol.149, 2019. P. 185 – 194. DOI:10.1016/j. procs.2023.01.122.
  41. Moiseenko V., Kameniev O., Gaievskiy V. Predicting a technical condition of railway automation hardware under conditions of limited statistical data. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*. jun. 2017. Vol. 3. №. 9 (87). P. 26 – 35,. ISSN 1729-4061.
  42. Мойсеєнко В.І., Каменєв О.Ю., Гаєвський В.В., Кравченко К. В. Моделювання логічної підсистеми маршрутизації залізничної станції на основі функціональної ознаки. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2016. Вип. № 6. С. 3 – 11.
  43. Samsonkin V. M., Goretsky O.A. Planning Method of the Traffic Safety Activities in Transport Systems Based On Risk Management . *IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)*. Vol. 19, Issue 8. Ver. II. (August 2017). P. 53 – 58. Каменєв О. Ю. Удосконалення методів контролю параметрів системи мікропроцесорної централізації. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: науково-технічний журнал. Харків: УкрДУЗТ. 2013. Вип. №3. С. 75 – 77.
  44. Кусайко А. І. Дослідження показників надійності МПЦ. Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. 2012. Вип. № 4. С. 55 – 62. DOI: <https://doi.org/10.15802/ecsrt2012/50882>.
  45. Traussing, R. *Safety-Critical Systems: Processes, Standards and Certification: for the Seminar “Analysis, Design and Implementation of Reliable Software”* . Paderborn: Universität Paderborn, 2004. P. 17.

46. Griebel, S. Sicherheitsnormen im Umbruch. Revision der EN 5012X Suite. Siemens AG: Industry Sector, Mobility Division. 2008. P. 20.
47. Peter, B. The Concepts of IEC 61508. An Overview and Analysis. Bielefeld: RVS, 2005. 52 p.
48. ДСТУ 4178-2003. Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів. Функційна безпечність і надійність. Вимоги та методи випробовування. Київ: Державний комітет України з питань техногенного регулювання та споживчої політики, 2003. 32 с.
49. Методика доказу функціональної безпеки мікроелектронних комплексів систем керування та регулювання рухом поїздів. Затв. наказом «Укрзалізниці» від 17.08.2002 р. № 452-Ц. Київ.: Вид. ПП «Алькор», 2002. 106 с.
50. Moiseenko V., Kameniev O., Gaievskyi V. Interactive approaches to the organization off staff interaction with automated control/ V International Scientific Technical Conference «Engineering. Technologies. Education. Security'2017»: Proceedings . Vol. 2. Technics and Technologies. Information Technologies, Natural and Mathematical Sciences. 31.05.2017 – 03.06.2017, Veliko Tarnovo. – Sofia, Bulgaria: Scientific technical union of mechanical engineering “Industry-4.0”, 2017. P. 221 – 224.
51. Формування теоретичних засад підвищення ефективності використання інформаційно-керуючих систем на залізничному транспорті. кер. В. Мойсеєнко; викон.: В. Бутенко [та ін.]. номер держреєстрації 0116U000787. Харків, 2016. 157. ДСТУ 3021–95. Випробування і контроль якості продукції. Терміни та визначення. Київ.: Держстандарт України. 1995. 71 с.
52. Cliff O., Prokopenko M., Fitch R. Minimising the Kullback-Leibler Divergence for Model Selection in Distributed Nonlinear Systems. Entropy. 2018. Vol. 20, Iss. 2., P. 1 – 28. 160. Zrafi R., Ghedira S., Besbes K. A Bond Graph Approach for the Modeling and Simulation of a Buck Converter.



- Journal of Low Power Electronics and Applications. 2018. Vol. 8. Iss. 1. P. 1 – 11.
53. Małeckki K. Graph Cellular Automata with Relation-Based Neighbourhoods of Cells for Complex Systems Modelling: A Case of Traffic Simulation. *Symmetry*. 2017. Vol. 9, Iss. 12. P. 1 – 23.
  54. Holder K., Zech A., Ramsaier M. Model-Based Requirements Management in Gear Systems Design Based On Graph-Based Design Languages. *Applied Sciences*. 2017. Vol. 7, Iss. 11. P. 1 – 24.
  55. Chen Y., Y. Guo, Wang Y. Modeling and Density Estimation of an Urban Freeway Network Based on Dynamic Graph Hybrid Automata. *Sensors*. 2017. ,Vol. 17, Iss. 7., P. 1 – 24.
  56. Zhang, H., Lu F. GSMNet: A Hierarchical Graph Model for Moving Objects in Networks. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2017. Vol. 6, Iss. 3. P. 1 – 23.
  57. Liu J. The Treewidth of Induced Graphs of Conditional Preference Networks Is Small. *Information*. 2017. Vol. 7, Iss. 1. P. 1 – 13.
  58. Listrovoy S., Panchenko S., Listrova E. Mathematical models in computer control systems railways and parallel computing: monograph. Kharkiv. 2017. 300 p.
  59. Zhou G., Feng W., Zhou Q., Zhou H. State Tracking and Fault Diagnosis for Dynamic Systems Using Labeled Uncertainty Graph . *Sensors*. 2015. Vol. 15, Iss. 11. P. 2831 – 2851.
  60. Huynh-The T., Banos O., Le B. Traffic Behavior Recognition Using the Pachinko Allocation Model. *Sensors*. 2015. Vol. 15, Iss. 7. P. 16040 – 16059.
  61. Santone A., Vaglini G. Model Checking Properties on Reduced Trace Systems. *Algorithms*. 2014. Vol. 7, Iss. 3. P. 339 – 362.
  62. Csiszar V., Hussami P., Komlos J. Testing Goodness of Fit of Random Graph Models . *Algorithms*. 2012. Vol. 5, Iss. 4. P. 629 – 635.

63. Lu M, Cornel C., Prasenjit S. Content Sharing Graphs for DeduplicationEnabled Storage Systems. Algorithms. 2012. Vol. 5, Iss. 2. P. 236 – 260.
64. Bobrovskiy V. I., Kozachenko D. N., Vernigora R. V. Functional simulation of railway stations on the basis of finite-state automata . Transport Problems: The Silesian University of Technology, Faculty of Transport, Katowice, Poland. 2014. Vol. 9, Iss. 3. P. 57 – 66.
65. Каменєв О.Ю. Оцінка ефективності комбінованих випробувань мікропроцесорної централізації за критерієм мінімуму обладнання. Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. 2014. Вип. 38. С. 33 – 44.
66. Missbauer H., Uzsoy R. Production Planning with Capacitated Resources and Congestion: monograph / H.Missbauer, R.Uzsoy; Springer Science+Busines Media, LLC, part of Springer Nature. 2020. P.80. DOI: 10/1007/978-1-0716-0354-3\_1.
67. Полякова О.М. Логістичний підхід до взаємодії магістрального і промислового залізничного транспорту. Вісник економіки транспорту і промисловості. Харків. 2015. Вип. 49. С. 199 – 203.
68. Campos J., Cantos P. Rail Transport Regulation. Economic Development Institute of the World Bank. 2017. P. 66.
69. Corman F., Real-time Railway Traffic Management: dispatching in complex, large and busy railway networks. TRAIL Thesis Series T2010/14, the Netherlands TRAIL Research School. 2010. P. 212.
70. Miao Y., Research on Centralized Dispatching System of Rail Transit . 2018 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS). Xiamen, Fujian, China, 2018. P. 34 – 37.
71. Krasemann, J. Computational decision-support for railway traffic management and associated configuration challenges: An experimental

- study. *Journal of Rail Transport Planning & Management*. 2015. Vol. 5. № 3. P. 95 – 109.
72. Долгополов П.В., Головка Т.В., Галишинець Т.В. Удосконалення диспетчерського керівництва дільниці на основі прогнозного моделювання перевізного процесу. *Вісник НТУ «ХП»*. 2015. Вип. 49 (1158). С. 36 – 39. Грицук І.В., Волков В.П., Худяков І.В., Симоненко Р.В., Володарець М.В. Особливості формування системи дистанційного визначення працездатності та безпеки експлуатації транспортних засобів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. Вип. 19, т. 4. – с. 298 – 309.
73. Фомін, О.В. Варіаційне описання конструктивних виконань вантажних вагонів/ О.В Фомін, А.В. Гостра // *Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту Міністерства освіти і науки України: Серія «Транспортні системи і технології»*. – Київ: ДЕТУТ, 2015. – Вип. 26-27. – С. 137 – 147.
74. Braband J., Reder H.-J. Sicherheitstechnische Vorgehensweise in der Eisenbahnsignaltechnik und Luftfahrt/ *Signal + Draht*. – 2003. – № 1 + 2.