


Державний університет інфраструктури та технологій
Київський інститут залізничного транспорту
Факультет «Управління залізничним транспортом»
Кафедра «Технологій транспорту та управління процесами перевезень»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

в.о. завідувача кафедри ТТУШП,
к.т.н., доцент


(підпис) Р.С. Щербин

« 14 » грудня 2020 року


Пояснювальна записка

до кваліфікаційної (магістерської) роботи


освітнього ступеня «Магістр»

на тему «Вдосконалення експлуатаційної роботи метрополітену «А» через
підвищення надійності перевізного процесу»

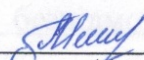
Виконала: студентка 2 курсу, групи ТТ
ОПІ 275.02 «Транспортні технології
(на залізничному транспорті)»

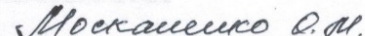

(підпис) Синельник А.М.

Науковий керівник


(підпис) Овчаренко С.М.

Нормоконтроль


(підпис) Бердниченко Ю.А.

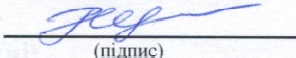
Рецензент 
(прізвище та ініціали)

Київ – 2020 рік

Державний університет інфраструктури та технологій
 Київський інститут залізничного транспорту
 Факультет «Управління залізничним транспортом»
 Кафедра «Технологій транспорту та управління процесами перевезень»
 Освітній ступінь «Магістр» Галузь знань 27 «Транспорт»
 Спеціальність 275 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри к.т.н., доцент
 (науковий ступінь, вчене звання)


 (підпис)

Щербина Р.С.
 (прізвище ініціали)

«19» вересня 2020 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Синельник Анастасії Миколаївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи** Вдосконалення експлуатаційної роботи метрополітену «А» через підвищення надійності перевізного процесу

науковий керівник роботи Овчаренко Сергій Миколайович, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Державного університету інфраструктури та технологій від «31» серпня 2020 року № 09.2-05-448с

2. **Строк подання студентом роботи** «11» грудня 2020 року

3. **Вихідні дані до роботи:** техніко-експлуатаційна характеристика метрополітену, показники експлуатаційної роботи, статистика позаштатних ситуацій за 2019 рік

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розкрити):**

1. Дослідження експлуатації метрополітенів в Україні та світі

2. Організація експлуатаційної роботи метрополітену «А»

2.1. Організація перевізного процесу метрополітену «А»

2.2. Аналіз позаштатних ситуацій метрополітену «А» у 2019 році

3. Вдосконалення експлуатаційної роботи метрополітену «А» через підвищення надійності перевізного процесу

3.1. Пропозиції щодо вдосконалення відновлюваності перевізного процесу у разі виникнення збоїв на лініях метрополітену «А»

3.2. Пропозиції щодо підвищення безвідмовності роботи рухомого складу метрополітену «А»

4. Охорона навколишнього середовища метрополітену «А»

4.1. Екологічні аспекти метрополітену «А»

4.2. Підвищення екологічної безпеки процесів експлуатації рухомого складу та електродепо в метрополітені «А»

5. Організація функціонування системи управління охороною праці в метрополітені «А»

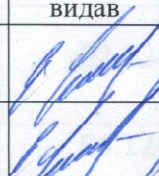
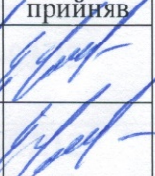


5. Перелік презентаційного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Схема метрополітену «А»
2. Графік руху поїздів метрополітену «А» в годину пік
3. Аналіз позаштатних ситуацій у 2019 році
4. Пропозиції щодо вдосконалення відновлюваності перевізного процесу у разі виникнення збоїв на лініях метрополітену «А»
5. Пропозиції щодо підвищення безвідмовності роботи рухомого складу метрополітену «А»

В тому числі у паперовому вигляді:

Немає

6. Консультанти розділів роботи

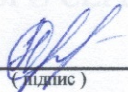
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона навколишнього середовища	к.і.н., доцент Сорочинська О.Л.		
Охорона праці	к.і.н., доцент Сорочинська О.Л.		

7. Дата видачі завдання: «01» вересня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної (магістерської) роботи	Період виконання етапів роботи
1	Збір літератури, її опрацювання, підготовка вступу	02.09-11.09
2	Збір літератури, її опрацювання, підготовка 1 розділу	12.09-24.09
3	Розробка 2 розділу	25.10-09.10
4	Збір інформації, її аналіз, розробка 3 розділу	10.10-29.10
5	Опрацювання джерел, підготовка розділу про охорону праці	01.11-21.11
6	Розробка розділу про захист навколишнього середовища	22.11-30.11
7	Оформлення висновку, додатків та списку використаних джерел	02.12-03.12
8	Підготовка презентаційного матеріалу	04.12-07.12
9	Подання роботи	11.12

Студент


 (підпис)
Синельник А.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


 (підпис)
Овчаренко С.М.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП		7
1	ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МЕТРОПОЛІТЕНІВ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ	10
2	ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ РОБОТИ МЕТРОПОЛІТЕНУ «А»	25
2.1	Організація перевізної роботи в метрополітені «А»	25
2.2	Аналіз позаштатних ситуацій метрополітену «А» у 2019 році	42
3	ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ РОБОТИ МЕТРОПОЛІТЕНУ «А» ЧЕРЕЗ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ	54
3.1	Пропозиції щодо вдосконалення відновлюваності перевізного процесу у разі виникнення збоїв на лініях метрополітену «А»	54
3.2	Пропозиції щодо підвищення безвідмовності роботи рухомого складу метрополітену «А»	67
4	ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА МЕТРОПОЛІТЕНУ «А»	78
4.1	Екологічні аспекти метрополітену «А»	78
4.2	Підвищення екологічної безпеки процесів експлуатації рухомого складу та електродепо в метрополітені «А»	81
5	ОРГАНІЗАЦІЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ В МЕТРОПОЛІТЕНІ «А»	85
	ВИСНОВКИ	98
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	100
	ДОДАТОК А. Схема метрополітену «А»	104
	ДОДАТОК Б. Графік руху поїздів метрополітену «А» в годину пік	105
	ДОДАТОК В. Аналіз позаштатних ситуацій у 2019 році	106

ДОДАТОК Г.	Пропозиції щодо вдосконалення відновлюваності перевізного процесу у разі виникнення збоїв на лініях метрополітену «А»	107
ДОДАТОК Д.	Пропозиції щодо підвищення безвідмовності роботи рухомого складу метрополітену «А»	108

ВСТУП

Метрополітен є одним з найбільш швидкісних видів міського громадського пасажирського транспорту сучасного мегаполісу. Основним його завданням метрополітену є забезпечення безперервного перевезення пасажирів у місті відповідно із затвердженим планом та при взаємодії з іншими видами транспорту. Для освоєння значних обсягів пасажирських потоків робота метрополітену здійснюється в напружених умовах.

Відповідно до вимог пункту 1 статті 4 розділу II Закону України «Про міський електричний транспорт» метрополітен повинен надавати транспортні послуги із забезпеченням надійності перевезень на лініях, що передбачає запобігання незапланованим перервам руху та відновлення перевезень у разі їх виникнення.

Метрополітен в основному вважається міським громадським транспортом, хоча на ньому зберігаються принципи організації руху як на залізничному транспорті. Метрополітен є транспортним підприємством і має інфраструктуру та штат для реалізації надання послуг населенню у перевезеннях. Тому основні принципи організації руху на метрополітені та магістральному залізничному транспорті знаходяться поруч і метрополітен можна також вважати в окремих випадках і залізничним транспортом в умовах нашої країни. Значний вклад у розвиток теорії ефективної організації пасажирських перевезень на міському та залізничному транспорті внесли такі вчені: Бутько Т.В., Волік В.В., Доля В.К., Бараш Ю.С., Корнієнко Я.Р., Добрава Н.В., Філіпова О.О., Ільчук А.В., та інші [1-10].

Вищеназваними авторами було розглянуто існуючі методи експлуатаційної роботи, соціальна значимість і необхідність сталого та якісного функціонування міського та залізничного транспорту, його місце серед інших видів транспорту, та досліджені проблеми, які обумовлюють необхідність економічних, правових,

адміністративних, фінансових, організаційних та інших заходів щодо підвищення ефективності його функціонування. Вимогам надійності перевізного процесу та гнучкості його реалізації для сучасних ринкових умов увага приділялась в незначному обсязі.

Проблемою в метрополітені є виникнення під час інтенсивного руху поїздів позаштатних ситуацій, які зумовлені відмовою технічних засобів та іншими інцидентами, що спричиняють відхилення від планового графіка або перерву в русі.

Запобігання виникнення збоїв у перевізному процесі метрополітену повинне мати випереджувальний характер щодо впровадження запобіжних заходів, спрямованих на своєчасне виявлення та усунення негативних факторів і причин, що можуть призвести до аварійних ситуацій.

Дослідження та вдосконалення якості надання транспортних послуг щодо пасажирських перевезень, впливу факторів на її оцінку висвітлені в багатьох публікаціях таких авторів, як Литвиненко С.Л., Яновський П.О., Водовозов Є.Н., Біліченко В.В. та інших [11-13].

Аналіз публікацій авторів [11-13], показав, що одним із найважливіших показників, які впливають на якість транспортного обслуговування є забезпечення регулярності перевезень щодо виконання графіка руху поїздів та безпека руху.

Метрополітен може бути представлений у формі динамічної системи, яка відповідає визначеному типу математичної моделі. У такій моделі визначаючими параметрами є: ймовірність безперебійної роботи метро, середній час роботи до збою, середній час відновлення після збою тощо [14].

Із позиції теорії надійності перевізному процесу притаманні певні властивості: безвідмовність випуску і руху рухомого складу; відновлюваність перевізного процесу [15].

Система управління рухомого складу метрополітену потребує подальшого удосконалення, а саме в частині періодичного виконання технічних впливів, що

забезпечує відповідний рівень надійності та працездатності рухомого складу, й трудомісткості даних технічних оглядів і ремонтів [16].

Об'єктом дослідження даної роботи є організація перевізного процесу в метрополітені.

Предметом дослідження є метрополітен «А».

Метою роботи є підвищення надійності перевізного процесу метрополітену.

Для реалізації мети в роботі передбачається вирішення наступних завдань:

- визначення факторів, що впливають на забезпечення надійності перевізного процесу в метрополітені;
- розроблення пропозицій щодо підвищення надійності перевізного процесу метрополітену.

Публікації. Відповідно до теми магістерської роботи опубліковано одну статтю у фаховому виданні: Синельник А.М. Визначення факторів, що впливають на забезпечення надійності перевізного процесу в метрополітені. Збірник наукових праць студентів «Молодий науковець». К.: ДУІТ, 2020. – Вип. № 7.

Структура та обсяг магістерської роботи. Робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 40 найменувань (3 сторінки) та додатків (5 сторінок). Повний обсяг роботи становить 108 сторінок друкованого тексту. Матеріали роботи проілюстровано 8 рисунками (з них 2 на окремих сторінках) та 8 таблицями.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МЕТРОПОЛІТЕНІВ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

Перший у світі метрополітен з'явився в Лондоні наприкінці 1863 року. Після 157 років метрополітен є майже в 200 містах світу, а для жителів мегаполісів і зовсім важко придумати швидший і зручніший вид транспорту, адже щодня в світі понад 155 млн. осіб користується послугами метро [17].

Сьогодні метрополітени мають більше ніж 60 країн світу. При цьому в Африці тільки три міста з метрополітеном – Каїр, Туніс і Алжир, а в Австралії – два: Мельбурн і Сідней. Розміри метрополітенів у світі знаходяться в діапазоні від двокілометрової лінії «міні-метро» в місті Хайфі в Ізраїлі до американського метро в місті Нью-Йорк довжиною ліній понад 1300 км.

Метрополітени світу мають безліч особливостей конструкції та способів організації руху, наприклад, особливістю Нью-Йоркського метрополітену є організація руху поїздів за маршрутами, кожен з яких проходить по одній або декількох лініях метро. Більшість маршрутів поділяються на експрес-маршрути (зупиняються тільки на деяких станціях) і локальні (з усіма зупинками); для такого поділу маршрутів лінія має три або чотири колії; крім того, є кілька коротких маршрутів човників і одна пара маршрутів, що діють за принципом «скіп-стоп». Нью-Йоркський метрополітен – один з найстаріших та найбільший у світі метрополітен має 26 ліній, що містять 469 станцій, із загальною довжиною 369 км маршрутів і 1056 км безпосередньо залізниці, з яких 60% підземні. Крім міста, він обслуговує чотири з п'яти передмість Нью-Йорка та у будні дні його перевезення складають близько 5 млн. пасажирів.

Метрополітен Лондона на теперішній час має 11 ліній та 270 станцій, його протяжність становить 402 км, перевезення – пасажиропотік: 1,2 млрд. осіб на рік. Сьогодні підземка столиці Об'єднаного королівства Великобританії є однією із найбільших в світі систем міського швидкого транзиту. Вона складається з однієї

кільцевої лінії, яка з'єднує великі залізничні вузли, де пасажирів можуть пересідати на приміські поїзди, і декількох радіальних. До London Tube відносяться не тільки підземні і наземні станції, а й система безпілотного легкого метро, що перевозить пасажирів через Темзу. В Лондонській Tube не відрізняється пунктуальністю – поїзди частенько ходять із затримками. Інтервал між ними – цілих десять хвилин. До того ж підземка столиці Англії далеко не найшвидша – поїзди рухаються з середньою швидкістю 45 км за годину. Чергових на лондонських станціях немає – про маршрути прямування поїздів інформують встановлені на платформах електронні табло, а на випадок позаштатних ситуацій перони обладнані аварійними кнопками.

Метрополітен Пекіна введений почав діяти з 1969 року, при цьому засобом громадського транспорту став лише у 1971 році (спочатку використовувався виключно військовими). На даний його довжина становить 608,2 км, має 21 лінію та 370 станції обслуговують 3,7 млрд. чоловік в рік. Сьогодні метрополітен охоплює практично все місто, через центр йдуть перша, четверта і п'ята лінії, кільцева лінія дублює під землею Другу кільцеву автодорогу Пекіна, деякі станції розташовані в передмістях. Перед тим як потрапити на платформу, необхідно пройти перевірку безпеки – сумки складаються на транспортерну стрічку і пропускаються через сканери. У деяких поїздах Пекінського метрополітену перегородка в першому вагоні, що відокремлює машиніста від пасажирів прозора, так що при бажанні можна помилуватися на тунель, якщо гілка підземна, або видом, що відкривається попереду, якщо лінія знаходиться над землею. Поїзди Beijing Subway зупиняються чітко в фіксованих місцях, які позначені жовтими відрізкамі ліній на підлозі перону. Інтервал руху потягів – близько трьох хвилин.

Своїм метрополітеном Токіо зобов'язано японському бізнесмену Хаякава Норіцугу. Після повернення з подорожі в Європу він був настільки натхненний побаченої гам підземної залізницею, що за досить невеликий термін зібрав необхідний капітал і в 1927 році проклав першу в Азії лінію метро. Лідером за пасажирським потоком є Токійський метрополітен, який перевозить щорічно

майже 3,2 млрд. пасажирів, або 8,7 млн. осіб в день, налічує 304,5 км. шляхів і 290 станцій. Близько 85% ліній метрополітену прокладені під землею в силу її високої ціни, інші 15% проходять по поверхні. Глибина закладення станцій і перегонів відносно невелика, всього 6-39 м. А найвища надземна станція розташована на висоті 14,5 м на 3-му поверсі торгового центру. Цікавою особливістю токійського метро є той факт, що він експлуатується двома повністю незалежними конкуруючими компаніями Токуо Metro і Тоеі. Це означає, що при пересадці з одних ліній на інші потрібно купувати окремий квиток (крім користувачів універсальних магнітних карт). Між метрополітеном і залізницею спостерігається високий рівень інтеграції. Потяги метро можуть продовжувати свій маршрут без зупинки і пересадки пасажирів вже в якості приміської електрички і навпаки. Це забезпечується використанням на більшості ліній метро контактної провладу, а не контактної рейки. У метро функціонує 13 ліній. Одна з основних причин збоїв у розкладі надточного метро - це самогубці. На багатьох станціях метро встановлені спеціальні бар'єри, які за допомогою безлічі датчиків відкриваються разом з дверима вагонів поїзда і перешкоджають самогубців в пориві депресії стрибати під склад. Іншим проявом турботи про пасажирів є виїжджають з платформи сходинка, що перекриває щілину між вагоном і платформою, яка також синхронізована з поїздом і бар'єрами. Метро в Токіо дуже чисте, комфортабельне й безпечне. Взимку всі сидіння метро підігріваються, а влітку в вагонах працюють кондиціонери. Більшість компаній відшкодовують транспортні витрати своїх співробітників па проїзний квиток між будинком і роботою.

Метрополітен Шанхая в експлуатацію з 1993 року. Незважаючи на свою «молодість» шанхайська «підземка» найшвидша за розвитком в світі система метро 676 км, має 16 діючих ліній і 413 станцій з щоденним пасажиропотоком понад 7млн. осіб. На одній із ліній застосовується маглева, система поїздів на повітряній подушці, на якій поїзд курсує між аеропортом Пудун і станцією Лоян Роанд зі швидкістю від 300 до 430 км/год. Близько 70% перегонів шанхайського метро прокладені під землею, а решта 30% шляхів пролягають по землі і над нею

у вигляді Метромена Сьогодні шанхайська підземка одна з найбільш швидко зростаючих в світі. Інтервали руху між поїздами складають від 2 до 15 хвилин. Про те, через скільки хвилин прийде найближчий потяг потрібного напрямку, інформують табло біля колій. На цих же моніторах транслуються новини. За порядком на станціях стежать чергові (цю роботу з невідомих причин довіряють виключно чоловікам).

Рік відкриття метрополітен Парижа 1900-й. Парижський метрополітен на даний обслуговує 1,5 млрд. чоловік в рік і має протяжність 215 км і 215 станцій, в експлуатації 14 основних і 2 додаткових. Мережа метрополітену дуже розгалужена. При цьому вважається, що схема метрополітену в Парижі дуже заплутана. З іншого боку, густа мережа метро чудово покриває основну частину столиці Франції. За межами міста працює система приміських поїздів - RER. Це система залізничного транспорту Парижа, що складається з приміських наземних і внутрішньоміських підземних залізниць. Оскільки в місті ці поїзди теж ходять під землею, де-не-де перетинаючись з метро, обидві системи, по суті, складають єдине ціле. Парижське метро вважається найефективнішим у світі. На метрополітені застосовуються різні технічні нововведення і інновації – тут вперше почали ходити вагони на безшумних гумових колесах. Для пасажирів застосовуються електронні карти, що показують найбільш зручний маршрут.

Барселонський метрополітен – метрополітен в столиці Каталонії Барселоні та її приміських населених пунктах, розпочало роботу у 1924 році та нині складає основу громадського транспорту міста. Сьогодні система барселонського метро включає 187 станцій на 12 лініях загальною довжиною 151 км. Щорічні перевезення метрополітену становлять понад 400 млн. пасажирів. Метрополітен Барселони став відомим дякуючи принципу організації висадки і посадки пасажирів, відоме як барселонське чи іспанське рішення, а саме на станціях споруджені три платформи: дві берегові та одна острівна – пасажир може зайти до

вагону та вийти з нього з обох сторін, що скорочує час зупинки поїзда на станціях. Починаючи з 9-ої лінії Барселонського метрополітену використовується 12-метровий тунель глибокого закладання з коліями розташованими одна над одною, всередині якого розташовані двоярусні станції, які відділені від колій на платформах розсувними дверима. Крім цього, на цих лініях зовсім не має ескалаторів. Для спуску на станції, розташовані на глибині до 70 м, традиційні ескалатори не годяться, оскільки ескалатор втрачає переваги перед ліфтом вже на глибині 30 м і більше. Замість них влаштовані шахти діаметром 28 м, що зв'язують проміжні вестибюлі, розташовані нижче рівня вулиці, з рівнем між платформами. У шахтах, що є по суті вертикальними тунелями, встановлені місткі ліфти, що забезпечують швидку доставку пасажирів вгору або вниз. На кожній станції глибокого закладання передбачено принаймні шість швидкісних ліфтів загальною провізної здатністю від 40 до 550 чоловік за годину.

Міжнародна конференція по метрополітену в 2008 році назвала метрополітен Копенгагена найкращою мережею метро у світі. Його було відзначено за високий рівень стабільності та безпеки системи й задоволення пасажирів. Копенгагенський метрополітен – перший і єдиний метрополітен у Данії, який відкрився у 2002 році, піднявши на новий рівень технології легкорейкового транспорту та метрополітену. У 2007 р. було прокладено нову лінію, якою можна дістатися з аеропорту до центру міста за 15 хвилин. Копенгагенське метро задовольняє щоденний пасажиропотік 153 тис. пасажирів і складається з трьох ліній, на яких зосереджені 37 станції метро, з яких 12 наземних і 25 підземних. Загальна довжина тунелів метрополітену складає 26 км, а протяжність колій на поверхні 11 км. Крім того, мережа метро має інклюзивний дизайн в усьому – від дизайну приміщень станцій та рухомого складу до застосування дружніх до користувачів високотехнологічних систем. Тут можна придбати проїзний квиток за допомогою SMS-повідомлення або їхати на повністю автоматичному поїзді без машиніста. Переходи на станціях до

підйомного транспорту не мають бар'єрів, а гостинні, комфортабельні поїзди додають надійності.

В Україні метрополітени діють у трьох містах – Києві, Харкові та Дніпрі, швидкісний трамвай у місті Кривий Ріг, недобудований метрополітен у Донецьку, є проекти «легкого метро» у Запоріжжі та «метротраму» у Львові.

У середньому, по всіх містах, в яких є метрополітени, ставиться завдання перевезення ними до 40-60 відсотків міських пасажирських перевезень, при цьому в Києві метрополітеном перевозиться 50-55 відсотків пасажирів. На сьогодні метрополітені Києва за рік перевозить близько 500 млн. пасажирів та має 3 лінії загальною протяжністю 69,6 км, на яких функціонують 52 станції. Інтервал руху поїздів в години «пік» становить 1,5-2 хвилини. В Київському метрополітені впроваджуються і використовуються такі новітні технології [18]:

- впроваджується система мікропроцесорної електричної централізації стрілок і сигналів на станціях з колійним розвитком;
- впроваджена система диспетчерської централізації з комп'ютерним пультом управління на базі мікропроцесорного устаткування;
- виконується оновлення автоматичної системи діагностичного контролю букс електропоїздів метрополітену на більш сучасну;
- впроваджені пристрої зупинки поїзда перед заборонним показанням світлофора напівавтоматичної дії (електронний автостоп);
- вдосконалюються системи тестування безконтактної апаратури на місці її встановлення;
- впроваджується цифрова апаратура системи автоматичної локомотивної сигналізації з автоматичним регулюванням швидкості руху (АЛС-АРШ рейкових кіл та пристрої стабільного електроживлення СЦБ на основі безперебійних джерел живлення);
- проводяться роботи з модернізації систем автоматизованого обліку електроенергії на підстанціях метрополітену для забезпечення можливості постійного моніторингу за режимами споживання електроенергії споживачами з

метою своєчасного виявлення та усунення нераціонального її використання;

- для створення єдиної системи диспетчерського управління, збільшення функціональної ємності системи та оптимізації робочого місця енергодиспетчера за рахунок заміни фізично та морально застарілої системи з мозаїчним щитом на більш сучасну систему телемеханіки з автоматизованим робочим місцем, обладнаним електронним щитом на базі LCD моніторів розпочата робота з реконструкції системи телемеханіки енергетичного господарства метрополітену;

- виконана модернізація повідкових рам візків вагонів з метою подовження терміну експлуатації їх на 15 років і шпінтонних рам - на 7 років згідно технічних умов, розроблених інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона (м. Київ);

- виконано комплексну модернізацію вагонів типу «Е» та їх модифікацій з впровадженням асинхронного тягового приводу;

- впроваджено сучасну систему відеонагляду за пунктами ручного контролю і касами на базі IP-технологій;

- з травня місяця 2020 року впроваджена автоматизована система обліку оплати проїзду в міському пасажирському транспорті незалежно від форм власності (АСОП) та у якості засобів оплати проїзду використовуються разові квитки з QR-кодом, безконтактні картки та Картки киянина для пільгових категорій пасажирів.

Харківський метрополітен (збудований другим в Україні) діє з 1975 року, має три діючі лінії, експлуатаційна довжина зараз сягає близько 38,1 км. До послуг пасажирів - 30 станцій. Щорічно метрополітен перевозить близько 607 млн. пасажирів. Рух поїздів в години «пік» здійснюється з інтервалом 1,5-2 хвилин. Харківський метрополітен один з перших в Європі впровадив систему безпеки руху із застосуванням засобів автоматичного регулювання швидкості з автоматичною локомотивною сигналізацією (АЛС-АРШ), а сьогодні на заміну застарілій системі впроваджується сучасна мікропроцесорна система АЛС-АРШ

нового покоління. Крім цього, в метрополітені проведено модернізацію аналогового устаткування центрального поста й станційних пунктів системи часофікації на нову, що забезпечує синхронізацію часу з єдиною державною системою часу України в режимі «on-line» за допомогою супутникового зв'язку. З 2010 року в Харківському метрополітені закриті каси для продажу жетонів та встановлені автомати із продажу квитків і автомати для поповнення електронних карток. Наразі в метрополітені впроваджується загальноміська система оплати проїзду в міському пасажирському транспорті із застосуванням електронного білету «E-ticket» та з вересня місяця цього року розпочато тестування оплати проїзду також і банківськими картками [17, 19].

Третій метрополітен України в місті Дніпро будувався з 1982 по 1995 рік, рух було відкрито наприкінці 1995 року. Наразі в метрополітені функціонує одна лінія довжиною 7,8 км, що складається з шести станцій, та на протязі року обслуговує 7,5 млн. пасажирів. Поїзди, в складі яких три вагони, в години «пік» рухаються з інтервалом 5 хвилин. В Дніпровському метрополітені оплата проїзду здійснюється жетонами та проїзними картками, а з вересня місяця поточного року також проїзд можна сплатити за допомогою безконтактної банківської картки, смартфона чи годинника з PayPass [17, 20].

У контексті сучасних євроінтеграційних процесів, найбільш важливим для України може бути корисним, з практичної точки зору, є аналіз досвіду країн Європейського союзу та інших розвинених країн світу, які мають значні досягнення та досвід в організації роботи міського електричного транспорту. Слід зауважити, що проводити паралелі між Україною та країнами із розвиненими ринковими відносинами не варто, проте деякі напрямки в організації роботи транспорту можуть бути цікавими.

В метрополітенах України під час руху поїздів частішають випадки зумисного проникнення та необачного падіння чи з метою самогубства стрибання пасажирів на колії, а також випадки проїзду «зацеперів» на рухомому складі зовні, тому актуальним є світовий досвід щодо встановлення на краях платформ

спеціальних прозорих огорожень. В метрополітенах Сінгапуру та Дубаю двері-екрани на перонах виконують функцію не тільки захисної огорожі, а й запобігають витоку прохолодного повітря в тунель, підтримуючи зручну температуру на платформах. В метрополітені Токіо такі огорожі встановлені вздовж перону, висотою вище поясу людини середнього зросту, тобто якщо самогубець захоче перестрибнути, то це помітить охорона на камерах спостереження. Французьке метро в Парижі знаходиться на станції в скляній «капсулі» з розсувними дверима. В Мінському метрополітені на всіх станціях Зеленолужської лінії встановлені автоматичні ворота-огорожі на платформах. Також такі огорожі застосовуються в метро Лілля, Софії, Бангкоку, Гонконгу та інших.

Спеціальні двері-екрани розсуваються тільки в тому місці, де повинні відкриватися двері вагонів поїздів для посадки і висадки пасажирів. Встановлення автоматичних огорожень на платформах станцій метрополітенів сприятиме їх безперебійній роботі, але це потребує точної зупинки електропоїздів, погрішність не повинна перевищувати 15 сантиметрів, що забезпечує система автоведення поїздів.

У світі досить розповсюджені системи автоведення поїздів метрополітену. Вони поступово, але впевнено заміщають машиністів у кабінах поїздів. На даний час існує досить велика кількість систем, що повністю управляють рухомим складом без присутності машиністів. Перша лінія метрополітену, що почала свою роботу без участі машиніста, запущена в Лондоні в 1967 році, хоча машиніст тоді був присутній у кабіні. Відтоді були розроблені та впроваджені системи, що керують поїздами без присутності машиніста в кабіні або із супровідним персоналом, що перебуває усередині состава. Перша у світі повністю автоматизована лінія без супроводу фахівця усередині состава була запущена в Японії, перша в Європі – у Франції на метрополітені міста Лілля.

Міжнародна асоціація громадського транспорту (UITP), керуючись стандартами ІЕС 622901 (стандарти Міжнародної електротехнічної комісії МЕК),

що «покликані й розглядають основні концепції, визначення, принципи й основні функції міських систем управління і командування / контролю транспортом (UGTMS)», запровадила класифікацію систем автоведення поїздів залежно від ступеня їх автоматизації:

1) Ступінь автоматизації 4 (Goa4). У цій системі поїзда здатні працювати автоматично в будь-який час, включаючи закриття дверей, виявлення перешкод і при аварійних ситуаціях. Бортовий персонал може бути наданий для інших цілей, наприклад, для обслуговування пасажирів, але не потрібен для безпечної роботи системи. Метрополітен Барселони, 9 лінія; метрополітен Копенгагена; Airtrain JFK.

2) Ступінь автоматизації 3 (Goa3). У цій системі поїзда ходять автоматично від станції до станції, але співробітник завжди перебуває в поїзді, відповідаючи за обробку інформації за можливих надзвичайних ситуацій. Поїзд не може безпечно працювати без присутнього на борті співробітника. Docklands light Railway – Східний Лондон, Великобританія.

3) Ступінь автоматизації 2 (Goa2). У цій системі поїзда ходять автоматично від станції до станції, але машиніст перебуває в кабіні, відповідаючи за закриття дверей, виявлення перешкод на шляху прямування поїзда й відповідає за усунення можливих аварійних ситуацій. як і в системі Goa3, поїзд Goa2 не може безпечно працювати без присутнього на борті співробітника. Лінія Вікторія Лондонського метрополітену.

Найбільш поширені системи автоматизованої роботи метрополітену, які тією чи іншою мірою впроваджені на метрополітенах світу та виявили свою працездатність: Alstom, Ansaldo STS, AnsaldoBreda Driverless Metro, Bombardier, SelTrac, Siemens, VAL. Системи автоведення поїздів ступеня автоматизації Goa4 на території Американського континенту (включаючи Північну та Південну Америку) запроваджені в чотирьох країнах на 22 системах метрополітенів. Найбільша за протяжністю мережа без водія на Американському континенті (і друга у світі по довжині) знаходиться в Канаді (Metro VancouverSkyTrain), її

довжина сягає 79,6 км (49,5 миль), її було відкрито 11 грудня 1985 року. Перша в Латинській Америці повністю без водіїв лінія метрополітену знаходиться в Бразилії, у місті Сан-Паулу. GoA4 в Азії успішно працюють у 12 країнах на 31 системі метрополітену. Саме на цьому континенті, у Сінгапурі, знаходиться одна з найбільших у світі повністю автоматизована мережа транспорту Mass Rapid Transit довжиною 82 км (51 миля). До 2024 року планується відкриття ще 43 км (27 миль) повністю автоматизованих трас метрополітену 4-го класу. У Катарі (Близький Схід) знаходиться сама молода у світі повністю автоматизована система ведення поїздів, вона була відкрита в 2019 році. У шостому по величині місті Японії – Кобе з населенням більш 1,5 млн людей – знаходиться найстарша (перша) у світі лінія оснащення класу GoA4. GoA4 у Європі експлуатується у 8 країнах на 17 системах метрополітену. В Італії, у місті Турин, знаходиться перше повністю автоматизоване метро, відкрите до Зимових Олімпійських ігор 2006 року. GoA3 у світі не так поширюється. Ця система автоматизації функціонує в 7 країнах Земної кулі на 12 системах метрополітену. Що стосується систем зі ступенем автоматизації GoA2, то вони запуснені на Африканському континенті в Алжирі на метрополітені міста Алжир (відкриття відбулося 1 листопада 2011 року). В Америці – в 6 країнах на 12 системах метрополітену. В Азії – в 9 країнах на 35 системах метрополітену. У Європі – в 11 країнах на 16 системах метрополітену, дві з них функціонують у Росії – у Казанському метро та у метро Санкт-Петербурга (ці системи мають назву КСД «Движение» [21]). Очікуються запуски автоматизованих систем метро ще у 23 країнах світу протягом найближчого десятиліття. Причому цього року системи повинні запрацювати в Аргентині, Чилі, на Тайвані, у Китаї та Сінгапурі, а також в Австралії на метрополітені Сіднея. У світі вже є системи, що закрилися, – у Великобританії (Лондон) та у Німеччині (Берлін).

В українських метрополітенах вкрай назріла необхідність заміни наявних систем ведення поїздів на систему автоведення. Вже почалися підготовчі роботи в цьому напрямку.

Основною перевагою систем автоведення поїздів метрополітену є суміщення в ній одразу декількох важливих функцій: від забезпечення безпеки, дотримання графіків руху, економії електроенергії до «м'якої» експлуатації рухомого складу та рейкового господарства.

Будь-яка залізнична мережа, що експлуатується в складному режимі, піддається інтенсивному зношуванню. Зношені рейки або колеса в короткостроковій перспективі призводять до некомфортних умов подорожування для пасажирів, а в підсумку потребуватимуть ремонту або заміни. Підтримки шляхів у задовільному стані у метрополітенах, як правило, покладається на комбінацію ручних перевірок і планового технічного обслуговування в період відсутності руху поїздів. Такий підхід традиційний, але доволі витратний.

Наприкінці 2018 року метрополітен Барселони розпочав випробування нової технології. Один зі стандартних комерційних поїздів було обладнано системою моніторингу стану обладнання Multilog IMx-Rail, яку створила компанія SKF. Нова система – це автономний комплект датчиків та електронних пристроїв, які забезпечують обробку й передавання даних під час комерційної експлуатації. Система встановлюється на одному з візків поїзда, під рамою візка. Під час щоденної експлуатації цей блок вимірює й записує сигнали прискорення та вібрації, потім обробляє ці дані й передає інформацію через мережу бездротового зв'язку в точку збирання оперативної інформації, на основі якої можна вжити потрібних заходів. Далі спеціалізована програмна система, яку також створила компанія SKF, використовує інтелектуальні алгоритми для аналізу даних, що надходять від датчиків, а також інформації щодо розташування поїзда та його експлуатаційних умов. Програмна система, яка має назву @ptitude Observer, виявляє, локалізує й точно фіксує відхилення в стані залізничних шляхів, які можуть спричинити зношення або пошкодження коліс потягу, дискомфорт для пасажирів або надмірний шум на певних ділянках шляху. Далі персонал, відповідальний за технічне обслуговування метрополітену, може

використати цю інформацію для ініціювання поглибленої перевірки визначених ділянок залізничного шляху.

Система Multilog IMx-Rail не тільки допомагає операторам оцінювати стан шляхів і коліс. Вона також здатна виявляти вібрації, спричинені іншими проблемами в поїздах, наприклад несправними підшипниками. Залізничні оператори різних країн світу вже використовують цей метод для уникнення поломок та оптимізації графіка технічного обслуговування рухомого складу.

Ця технологія допоможе швидше виявляти проблеми й ефективніше здійснювати перевірки й обслуговування, що є одним з найкращих шляхів до безпечної, надійної та економічної експлуатації мережі метрополітенів.

Цінним для України є перейняття досвіду європейських країн щодо підтримки належного фізичного стану міського електротранспорту. Варто зауважити, що поширеною практикою у країнах Європейського союзу є модернізація існуючих транспортних засобів. Так, підходи до управління парком електротранспорту різняться вже на етапі закупки рухомого складу. Якщо в Україні дана процедура обмежується, в більшості випадків, стандартним тендером й підписанням договору купівлі-продажу, то в європейських країнах укладаються ще й договори, які чітко регламентують технічне обслуговування транспортного засобу. Тобто саме підприємство, яке займається експлуатацією транспорту не займається ремонтом, для цього існує спеціальна структура. У договорі чітко оговорюється скільки днів на місяць транспортний засіб буде знаходитися на маршруті (лінії) та скільки днів на технічному огляді. Такий варіант зазвичай дорожче ніж звичайний, проте забезпечує своєчасний ремонт і як наслідок менший фізичний знос.

Ще однією важливою складовою забезпечення ефективної роботи міського електротранспорту в країнах Європи є вирішення питання пільгового проїзду. Так, система надання пільг влаштована таким чином, що найбільш незахищені громадяни можуть скористатися правом на пільговий проїзд, але при цьому перевізники не несуть збитки. Наприклад, у Польщі застосовується практика

адресної допомоги, яка проявляється у заміни соціальних пілґ грошовими виплатами. У Німеччині взагалі характерна практично повна відсутність соціальних пілґ у їх традиційному розумінні. Такі види пілґ, як знижки на проїзд набули в Німеччині характеру корпоративної соціальної діяльності, яку, за бажанням, здійснюють приватні компанії [25].

Важливим є питання стосовно джерел фінансування підприємств міського електротранспорту. Дослідження розвитку транспортних систем Великобританії, Франції, Швеції, Німеччини і Данії свідчить, що в цих країнах, крім традиційних джерел фінансування – субсидій і зібраної оплати за проїзд застосовуються такі джерела фінансування, як: безпосередня державна допомога; гранти місцевої адміністрації; приватне фінансування; спеціальні форми оподатковування, доходи від яких використовується на потреби міського електротранспорту; державні гарантовані позики; Європейський фонд допомоги розвитку; Європейські інвестиційні банківські позики [26]. При цьому основним джерелом фінансування є пряма державна допомога. Проте, вона надається лише за умови залучення коштів з місцевих податків або грантів. Обсяги приватного фінансування, що не гарантовано державою або місцевою адміністрацією, значно обмежені [25]. Розглянемо особливості фінансування розвитку електротранспорту в містах по декільком європейським країнам. У Франції критерії одержання державної допомоги: поліпшення ефективності і доступності транспортної системи в цілому, її модернізація. При цьому держава забезпечує місцеві органи влади субсидіями, що покривають близько 50 % вартості спорудження або 40 % загальних інвестицій у транспортну систему. У Швеції держава виділяє 50%, а в окремих випадках 75 % загальної вартості капітальних вкладень у лінії, що споруджуються місцевими адміністраціями. При цьому обов'язково, щоб кожен проект був складовою частиною генеральної транспортної схеми, а лінія – цілком відповідала потребам споживачів. Органи влади Німеччини виділяють величезні субсидії на розвиток міського транспорту. Схема допомоги розділена на «земельний пул» і «федеральний пул», останній досягає 80 % загальної вартості. Кошти на ці заходи

надходять від податку на паливо для автомобілів. Сума субсидій в інвестиції досягає 60-70 %, а для земель східної частини – навіть 90 % загальної вартості. У Великобританії держава допомагає лише у здійсненні важливих транспортних проектів, що будуть корисними також громадянам, які не користуються суспільним транспортом. Для нашої країни буде принагідним позичити систему фінансування у Франції та Швеції, де держава фінансує близько 50% витрат на капітальне будівництво. Важко для наших умов використовувати досвід Данії, де існує чітка система розподілу обов'язків між державними та місцевими органами влади [27].

Висновок до розділу 1. В багатьох країнах світу проводиться активна робота з розвитку транспорту загального користування, підвищення його комфортності та надійності, зростає зацікавленість у роботі екологічно чистого та безпечного електричного транспорту. Ринкові умови потребують постійного пошуку сучасних методів управління пасажирськими перевезеннями, що необхідно для збереження положення й функціонування транспортних підприємств на ринку перевезень, зниження експлуатаційних витрат і збільшення прибутків. В основу розвитку транспортної системи України мають бути покладені такі принципи, як модернізація, інноваційність, взаємодія та інтеграція, адаптація та гармонізація, інтероперабельність, а також стратегічні цілі щодо поглиблення інтеграції до європейської та світової транспортних систем, розвиток транспортно-економічних зв'язків і співробітництва з міжнародними організаціями в рамках спільних проектів, формування конкурентоспроможної транспортної системи, що сприятиме посиленню ролі країни у світовій транспортній системі.

2 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ РОБОТИ МЕТРОПОЛІТЕНУ «А»

2.1 Організація перевізної роботи в метрополітені «А»

Перевізний процес в метрополітені насамперед передбачає пасажирські перевезення у межах міста з використанням наявної технічної бази і розподіленням функцій між експлуатаційним персоналом.

На сьогодні в метрополітені «А» перевізний процес здійснюється на трьох лініях, загальною протяжністю 69,6 кілометрів, на яких функціонують 52 станції, в тому числі три пересадочних вузли.

Схема метрополітену А наведена на рисунку А.1 у додатку «А» цієї роботи.

Лінія М1 двоколійна, загальна довжина якої – 22,8 км, складається з 18-ти станцій, з них 12 підземні. Усі станції лінії острівного типу, за винятком станції Г. Станції АМ і ЛС кінцеві, мають колійний розвиток для обороту та відстію рухомого складу. Проміжні станції СВ, ШЛ, ВЛ, КР, АР, ДР мають колійний розвиток для диспетчерського регулювання руху поїздів. Станція ЛС має пункт технічного обслуговування рухомого складу, де проводиться технічний огляд і дрібний безвідчипний ремонт рухомого складу. До станції ДР примикає технічна станція ЕД. На інших проміжних станціях проводиться тільки посадка і висадка пасажирів.

Найкоротший перегін між станціями Т та КР довжиною 766 м, найдовший між станціями Б і ШЛ – 2км 230 м.

Лінія М1 обслуговується моторвагонним рухомим складом 81-ої серії, в тому числі типу Е-КМ (модернізовані).

Лінія М2 двоколійна, загальна довжина якої – 20,9 км, складається з 18-ти станцій. Усі станції лінії підземні, острівного типу. Станції ТР і ГД кінцеві, мають колійний розвиток для обороту та відстію рухомого складу. Проміжні станції ВЦ, ВС, ЛБ, РС, МН, КП, БН мають колійний розвиток для диспетчерського регулювання руху поїздів, крім цього станція ВС – для організації «зонного» руху

за графіком у пікові години перевезень. До станції ГД примикає технічна станція ЕБ. На інших проміжних станціях проводиться тільки посадка та висадка пасажирів.

Найкоротший перегін між станціями ЛБ і Ц довжиною 835 м, найдовший між станціями П та БН – 1 км 719 м.

Лінія М2 обслуговується моторвагонним рухомим складом 81-серії.

Лінія М3 двоколійна, загальна довжина якої – 23,9 км, складається з 16-ти станцій підземного типу. Усі станції лінії острівного типу, за винятком станцій В та КХ. Станції СР і КХ кінцеві, мають колійний розвиток для обертання та відстію рухомого складу. Проміжні станції ДЖ, ЛК, ВР, КЛ, ДН, ВД, СК, ХР, БР мають колійний розвиток для диспетчерського регулювання руху поїздів, крім цього станцій ЛК та ХР – для організації «зонного» руху за графіком у пікові години перевезень. До станції БР примикає технічна станція ЕХ.

Найкоротший перегін між станціями ВР та С довжиною 788 м, найдовший між станціями ВД і Ф – 3 км 402 м.

Колійний розвиток на проміжних станціях дозволяє при нерівномірному розподіленні пасажиропотоку на лінії, ефективно використовувати рухомий склад, зменшити експлуатаційні та капітальні витрати.

Колійний розвиток станції КР лінії М1, станції МН лінії М2 та КЛ лінії М3 з'єднує між собою лінії за допомогою службово-з'єднувальних віток.

Станції розміщені в місцях утворення пасажирських потоків – на площах, перетинах автомагістралей, біля залізничних та річкових вокзалів, стадіонів і парків, великих підприємств, на перетинах ліній метрополітену між собою та із залізничними лініями.

Вхід і вихід пасажирів відбувається через зручні та просторі вестибюлі станцій, які забезпечують найчіткіший розподіл пасажирів, переважно правосторонній рух, що виключає перетин зустрічних пасажиропотоків, для чого входи і виходи влаштовують роздільними.

У вестибюлях станцій розташовано касовий зал з касами, пристроями пасажирської автоматики ручними та автоматичними контрольними пунктами, автоматизованою системою оплати проїзду з можливістю обліку пасажирів, в тому числі пільгових категорій, автоматами поповнення рахунку безконтактних проїзних карток.

Переміщення пасажирів між рівнями вестибюлів та пасажирських платформ здійснюється сходами або ескалаторами. В метрополітен експлуатується 122 ескалатори, які встановлені на станціях Б, ШЛ, К, ВЛ, У, Т, КР, АР, ДР, ЛС лінії М1, станціях ВЦ, Е, ЛБ, Ц, РС, А, МН, КП лінії М2 та станціях СР, ДЖ, ЛК, ВР, С, КЛ, Ю, ДН лінії М3.

Перехід пасажирів між лініями М1 та М2 здійснюється через пересадочний вузол між станціями КР і МН, між лініями М1 і М3 – між станціями Т та ВР, між лініями М2 та М3 – між станціями А та С.

Усі лінії метрополітену «А» обладнані пристроями автоматичного виявлення несправностей, що можуть призвести до аварійних ситуацій, зокрема:

- пристрої контролю виявлення перегрітих букс АСДК-БМ встановлені на станціях Ж і КР лінії М1, станціях П та И лінії М2, станціях ВР та Я лінії М3;
- порушення нижнього габариту на рухомому складі ПКГ на станції АМ лінії М1, станції ГД лінії М2 та станції БР лінії М3.

Для поліпшення обслуговування пасажирів, у метрополітені впроваджено мобільний зв'язок, встановлено камери відеоспостереження та для полегшення користування цим транспортом глухим пасажиром – інформаційні монітори, на заново споруджених станціях змонтовані ліфти та підйомники для осіб з обмеженими фізичними можливостями, які не можуть самостійно пересуватися сходами, крім того, для пасажирів з вадами зору на краю платформи нанесено спеціальне обмежувальне покриття з рифленого матеріалу, що допомагає їм орієнтуватися при посадці у вагон.

Оперативне управління та контроль за рухом поїздів і роботою устаткування ведеться з диспетчерського центру з використанням засобів

автоматики і телемеханіки. Для стеження за керованими об'єктами і поїздами на перегонах, система диспетчерської централізації доповнюється пристроями диспетчерського контролю та керування.

Основним засобом сигналізації під час руху електропоїздів на лініях і з'єднувальних вітках є система автоматична локомотивна сигналізація (АЛС) з автоматичним регулюванням швидкості (АРШ). Резервним засобом сигналізації під час руху поїздів на лініях і з'єднувальних вітках є автоматичне колійне блокування (автоблокування).

Для організації злагодженої і оперативної роботи експлуатаційних служб і підрозділів на метрополітені такі види зв'язку: диспетчерський – поїзний, енергодиспетчерський, електромеханічний, ескалаторний, міждиспетчерський; радіозв'язок – поїзний, маневровий, з автотранспортом і підрозділами аварійно-відновлювальних формувань; тунельний; стрілочний; оперативний зв'язок службовий між диспетчерськими пунктами та об'єктами СЦБ, автоматики, телемеханіки; місцевий та адміністративно-господарський зв'язок, гучномовне оповіщення.

Пасажирський рухомий склад метрополітену рухається за рахунок електричної енергії, яка знімається струмоприймачами вагону з контактної рейки. Контактна рейка живиться постійним струмом напругою 825 В. На кожній станції є суміщено-тягова підстанція або тягова підстанція, що живить усі пристрої та обладнання на станції. Електропостачання здійснюється від двох незалежних джерел живлення основних (районних) підстанцій енергосистеми міста.

Функції метрополітену «А» щодо надання послуг з перевезення пасажирів, виконання робіт з реконструкції, модернізації, капітального та поточного ремонтів, технічного обслуговування та іншого поліпшення основних засобів підприємства щодо забезпечення безпечних перевезень пасажирів здійснюють його структурні підрозділи:

- служба руху;
- комерційна служба;

- служба рухомого складу та чотири її підрозділи:
 - а) електродепо ТЧ-1,
 - б) електродепо ТЧ-2,
 - в) електродепо ТЧ-3,
 - г) вагоноремонтний завод;
- служба колії, тунельних споруд і будівель
- служба сигналізації;
- служба інформаційних технологій та зв'язку;
- служба електропостачання;
- електромеханічна служба;
- ескалаторна служба;
- служба воєнізованої охорони
- служба матеріально-технічного постачання;
- служба соціального забезпечення.

В цілому ж, об'єднує та координує роботу всіх структурних підрозділів метрополітену «А» та здійснює ефективне управління щодо забезпечення його надійної експлуатації і розвитку Адміністрація метрополітену.

Життєдіяльність метрополітену «А» забезпечують 8 037 працівників, з них майже 46% жінки.

Структурна схема розподілення основних функцій метрополітену «А» між структурними підрозділами наведена на рисунку 2.1.

В основу організації перевізного процесу в метрополітені «А» закладено чітке планування руху поїздів та централізація управління в залежності від обсягу пасажирських перевезень, контроль виконання плану та функцій управління.

Метрополітен «А» базовий вид громадського пасажирського транспорту в столиці, адже на його частку припадає близько 53% загального обсягу міських пасажирських перевезень. А це майже 1,4 мільйона людей в день.

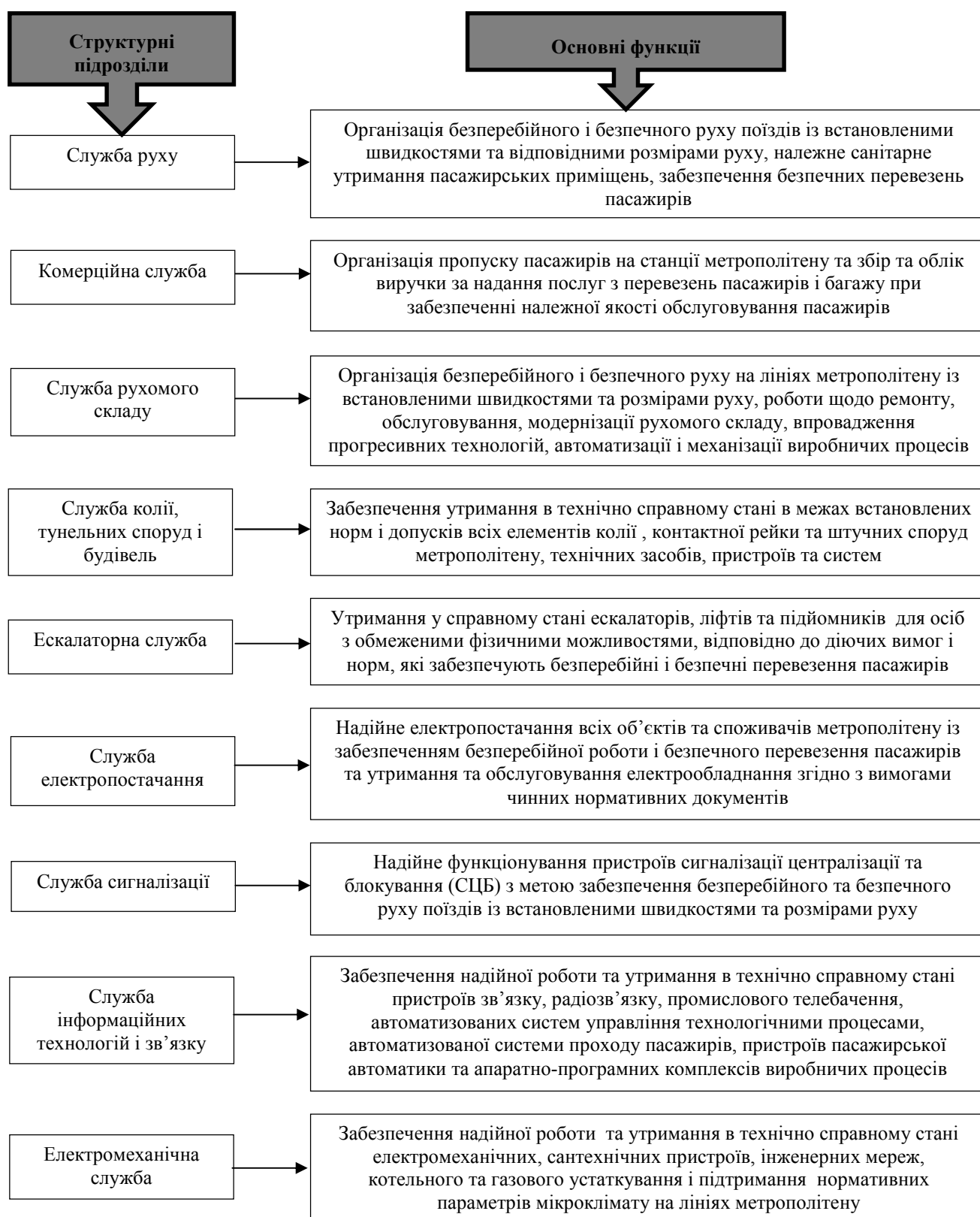


Рисунок 2.1 – Структурна схема розподілення основних функцій метрополітену «А» між структурними підрозділами

За 2019 рік метрополітенем «А» перевезено 495 339,6 тис. пасажирів, в тому числі платних 373 314,7 тис. пасажирів. Частка пільгових перевезень у загальному обсязі перевезених пасажирів складає 25 %.

Перевезення пасажирів по лініях метрополітену «А» у 2019 році наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Перевезення по лініях метрополітену «А» за 2019 рік

Показники	Лінія		
	М1	М2	М3
Перевезення пасажирів, тис.пас, в тому числі: платні перевезення	203 176 153 540	173 277 129 549	118 887 90 226
Середньодобові перевезення, тис. пас, в тому числі: середньодобові платні перевезення	556,6 420,7	474,4 354,9	325,8 274,2

За даними таблиці 2.1 встановлено, що найбільш завантаженою є лінія М1, її перевезення в порівняння з іншими лініями більші на 14,7% ніж на лінії М2 та на 41,5% - лінії М3.

Обсяги перевезень пасажирів лініями метрополітену «А» у 2019 році приведені на рисунку 2.2.

В середньому на одну станцію у 2019 році перевезення становили:

- по лінії М1 з 18 станціями – 11,3 млн. пасажирів;
- по лінії М2 з 18 станціями – 9,6 млн. пасажирів;
- по лінії М3 з 16 станціями – 7,4 млн. пасажирів.



Рисунок 2.2 – Діаграма обсягів перевезення пасажирів лініями метрополітену «А»

Середньодобові пасажироперевезення по станціях ліній метрополітену «А» за 2019 рік наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Середньодобові перевезення по станціях ліній метрополітену «А» за 2019 рік

Станція	Середньодобові пасажирські перевезення, тис. пас.		
	Платні	Пільгові	Всього
1	2	3	4
Лінія М1			
АМ	46,1	12,3	58,4
Ж	28,9	8,9	37,8
СВ	18,6	6,8	25,4
Н	17,5	6,9	24,4
Б	16,4	6,0	22,4
ШЛ	17,5	4,7	22,2
К	23,2	7,4	30,6
ВЛ	43,4	10,9	54,3
У	15,2	5,0	20,2

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
Т	12,1	1,5	13,6
КР	26,0	4,0	34,0
АР	15,4	5,8	21,2
Д	2,0	0,5	2,5
Г	3,0	1,8	4,8
Л	34,2	11,8	46,0
ДР	32,2	11,5	43,7
Р	27,2	10,8	38,0
ЛС	41,8	13,3	55,1
Всього на лінії М1	420,7	135,9	556,6
Лінія М2			
ГД	19,9	9,4	29,3
М	31,7	13,8	45,5
БН	23,7	9,3	33,0
П	30,4	11,3	41,2
Ш	12,1	3,9	15,5
КП	32,9	9,3	42,2
Щ	10,4	3,1	13,5
МН	24,3	7,7	32,0
А	19,8	5,6	25,4
РС	24,2	7,5	31,7
Ц	14,4	4,7	19,1
ЛБ	21,6	7,0	28,6
Е	16,6	5,6	22,2
Х	10,4	4,1	14,5
ВС	16,7	5,4	22,1
ВЦ	11,4	3,0	14,4
И	10,8	3,3	14,1

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
ТР	23,6	6,8	30,4
Всього на лінії М2	354,9	119,8	474,7
Лінія М3			
СР	8,7	2,9	11,6
ДЖ	12,2	3,7	15,9
ЛК	28,7	9,9	38,6
ВР	15,4	5,2	20,6
С	19,5	5,2	24,7
КЛ	9,0	3,1	12,1
Ю	18,8	5,8	24,6
ДН	17,4	5,4	22,8
ВД	24,6	6,5	31,1
Ф	5,3	2,1	7,4
СК	16,8	4,8	21,6
Я	30,8	9,9	40,7
ХР	11,4	14,2	25,6
В	4,9	2,0	6,9
БР	13,3	3,4	16,7
КХ	3,4	1,5	4,9
Всього на лінії М3:	247,2	78,6	325,8
Всього по метрополітену	1 022,8	334,3	1357,1

За даними таблиці 2.2 у 2019 році найбільш завантаженими станціями були:

- по лінії М1 – станції АМ, ЛС;
- по лінії М2 – станції М, КП;
- по лінії М3 – станції Я, ЛК.

Для пасажирських перевезень у метрополітені характерною є погодинна нерівномірність впродовж доби. В робочі дні це передбачено поїздками на роботу

та з роботи, які дають виражений ранковий і вечірній «піки» перевезень. Найбільші пасажиропотоки припадають на ранкові години «пік» з 7 до 9 години, коли кожен годину метрополітен перевозить 9-12,5% добової кількості пасажирів, а вечірні години «пік» з 17 до 20 години більш розтягнуті, ніж ранкові, що знижує напруженість у середині робочого дня. У вихідні дні протягом світлого періоду доби коливання пасажиропотоків не значні. В робочі дні тижня перевезення приблизно однакові, однак більшими вони бувають у вівторок і середу. Найменші перевезення у вихідні та святкові дні.

Розподілення пасажирських перевезень на протязі 2019 року наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Перевезення метрополітену «А» по місяцях 2019 рік

Місяць	Перевезення, тис. пас	Місяць	Перевезення, тис. пас
Січень	37 718,541	Липень	39 569,421
Лютий	39 035,634	Серпень	37 844,744
Березень	42 973,180	Вересень	42 184,051
Квітень	39 369,031	Жовтень	43 550,365
Травень	43 546,622	Листопад	42 870,268
Червень	39 296,706	Грудень	43 119,912

Обсяги перевезень пасажирів метрополітеном «А» за місяцями 2019 року приведені на рисунку 2.3.

Аналіз змін пасажиропотоків у метрополітені «А» за місяцями року показує, що найменші перевезення припадають на січень та серпень, найбільші – на травень та грудень.

Рух поїздів в метрополітені організовується за графіками руху поїздів, якими встановлюються погодинні розміри руху та інтервали між поїздами,

забезпечується злагоджена робота працівників експлуатаційних підрозділів метрополітену.

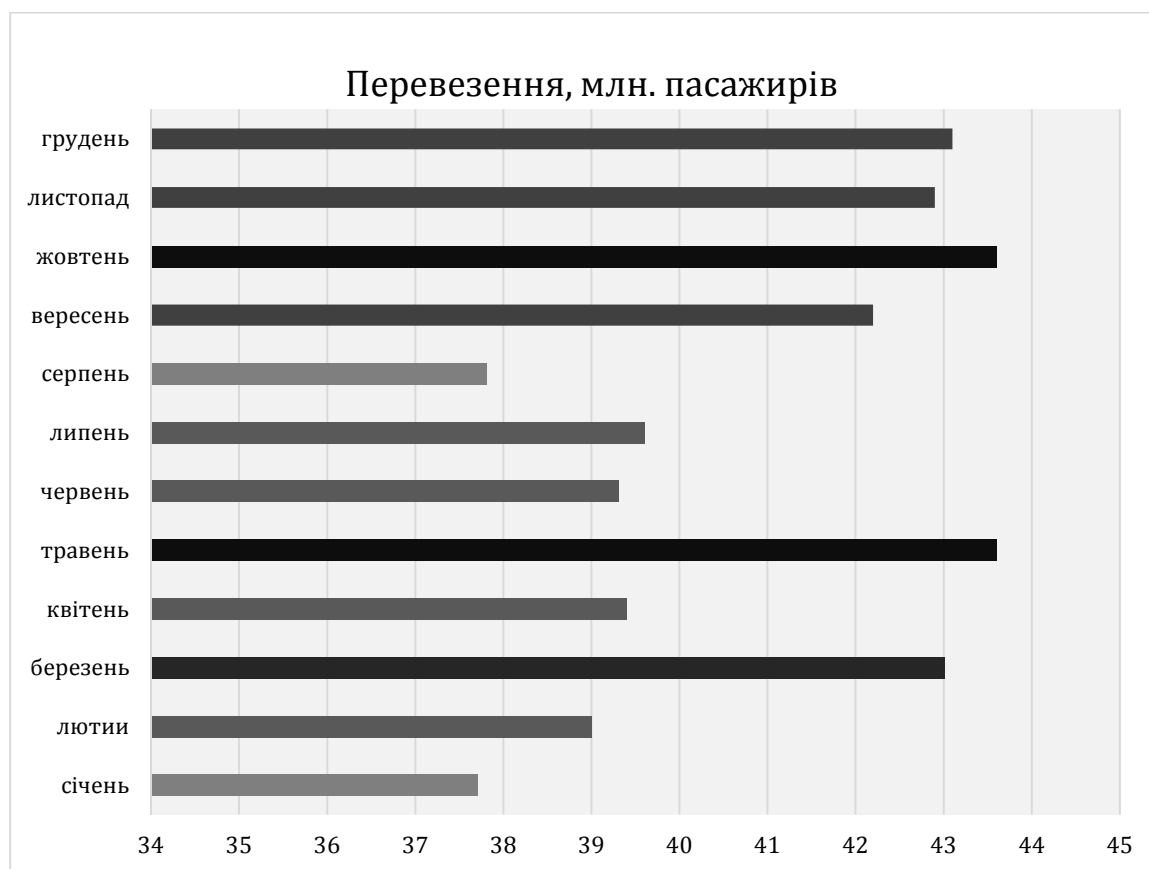


Рисунок 2.3 – Діаграма обсягів перевезення в метрополітені «А» за місяцями року

Виконання графіка руху поїздів забезпечує виконання плану перевезень пасажирів, швидке, якісне, безпечне та зручне їх переміщення та безпеку руху поїздів, раціональне використання рухомого складу, ощадливі витрати електроенергії на їх тягу та оптимальну швидкість руху поїздів.

Для забезпечення перевезень пасажирів впродовж 2019 року застосовувались варіанти графіків руху поїздів, що приведені в таблиці 2.4, в залежності від пори року, днів тижня, святкових та інших особливих днів, в які передбачалось істотне зростання або зменшення пасажиропотоків.

Рух поїздів на лініях метрополітену з мінімальними розмірами руху 6 пп/год та інтервалом – 10 хвилин здійснювався в нічні години з 22 години до закінчення руху поїздів (00год 05хв з кінцевих станцій).

Таблиця 2.4

Варіанти графіків руху поїздів на лініях метрополітену «А»

Дні тижня, розміри руху	Період року	«Пік» ранок		Не «пікові» години		«Пік» вечір	
		Розміри руху, пп/год	Кількість составів	Розміри руху, пп/год	Кількість составів	Розміри руху, пп/год	Кількість составів
1	2	3	4	5	6	7	8
Лінія М1							
Робочих днів 38-20-37	Зимовий	38	50 + 1 резерв	20 (10:00 - 15:00)	27 + 1 резерв	37	47 + 1 резерв
Робочих днів 38-18-36	Зимовий	38	50 + 1 резерв	18 (11:00 - 15:00)	25 + 1 резерв	36	46 + 1 резерв
Робочих днів 32-16-28	Зимовий	32	416 + 1 резерв	16 (10:00 - 15:00)	22 + 1 резерв	28	36 + 1 резерв
Робочих днів 30-15-18	Зимовий	30	38 + 1 резерв	15 (10:00 - 15:00)	21 + 1 резерв	18	26 + 1 резерв
Робочих днів 36-16-34	Зимовий, літній	36	46 + 1 резерв	16 (11:00 - 15:00)	22 + 1 резерв	34	38 + 1 резерв
Робочих днів 34-15-30 ...	Літній ...	34 ...	43 + 1 резерв ...	15 (11:00 - 16:00) ...	21 + 1 резерв ...	30 + 1 резерв ...	38 + 1 резерв ...

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8
Вихідних днів 15-17,5	Зимовий, літній	15 (07:00-14:00)	21 + 1 резерв	15 (07:00-14:00) 17,5 (14:00-20:00)	21 + 1 резерв 24 + 1 резерв	17,5 (14:00-20:00)	24 + 1 резерв
Вихідних днів 17,5	Зимовий, літній	17,5 (08:00-18:00)	24 + 1 резерв	17,5 (08:00-18:00)	24 + 1 резерв	17,5 (08:00-18:00)	24 + 1 резерв
Лінія М2							
Робочих днів 38-16-34	Зимовий	38	43 + 1 резерв	16 (12:00 - 15:00)	21 + 1 резерв	34	38 + 1 резерв
Робочих днів 38-16-30 (п'ятниця)	Зимовий	38	43 + 1 резерв	16 (12:00 - 15:00)	21 + 1 резерв	30 (17:00-18:00)	34 + 1 резерв
Робочих днів 36-16-32	Зимовий	36	40 + 1 резерв	16 (10:00 - 15:00)	21 + 1 резерв	32	36 + 1 резерв
Робочих днів 36-16-28 (п'ятниця)	Зимовий	36	40 + 1 резерв	16 (10:00 - 15:00)	21 + 1 резерв	28 (17:00-18:00)	31 + 1 резерв
Робочих днів 36-14-32	Зимовий	36	40 + 1 резерв	14 (11:00-15:00)	19 + 1 резерв	32	36 + 1 резерв
Робочих днів 28-13-15	Зимовий	28	31 + 1 резерв	13 (10:00-13:00)	17 + 1 резерв	15 (13:00-18:00)	20 + 1 резерв
...

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8
Робочих днів 34-13-28	Зимовий, літній	34	38 + 1 резерв	13 (11:00- 15:00)	17 + 1 резерв	28	31 + 1 резерв
Робочих днів 32-13-28	Зимовий	32	36 + 1 резерв	13 (12:00- 14:00)	17 + 1 резерв	28	31 + 1 резерв
Робочих днів 32-12-27	Літній	32	36 + 1 резерв	12 (11:00- 16:00)	16 + 1 резерв	27	31 + 1 резерв
Вихідних днів 10-14	Зимовий, літній	10 (06:00- 13:00)	13 + 1 резерв	10 (06:00- 13:00) 14 (14:00- 19:00)	13 + 1 резерв 19 + 1 резерв	14 (14:00- 19:00)	19 + 1 резерв
Вихідних днів 14	Зимовий, літній	14 (08:00- 19:00)	19 + 1 резерв	14 (08:00- 19:00)	19 + 1 резерв	14 (08:00- 19:00)	19 + 1 резерв
Вихідних днів 12-14	Зимовий	12 (07:00- 12:00)	16 + 1 резерв	14 (12:00- 19:00)	19 + 1 резерв	14 (12:00- 19:00)	19 + 1 резерв
Лінія М 3							
Робочих днів 33-15-29	Зимовий	33	39 + 1 резерв	15 (11:00 - 16:00)	23 + 1 резерв	29	35 + 1 резерв
Робочих днів 33-15-26 (п'ятниця)	Зимовий	33	39 + 1 резерв	15 (11:00 - 15:00)	23 + 1 резерв	26 (17:00 -18:00)	33 + 1 резерв
...

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8
Робочих днів 34-15-30	Зимовий	34	41 + 1 резерв	15 (11:00 - 16:00)	23 + 1 резерв	30	36 + 1 резерв
Робочих днів 34-15-27 (п'ятниця)	Зимовий	34	41 + 1 резерв	15 (11:00 - 15:00)	23 + 1 резерв	27 (17:00 -18:00)	34 + 1 резерв
Робочих днів 30-15-27	Зимовий, літній	30	36 + 1 резерв	15 (11:00 - 15:00)	23 + 1 резерв	27	34 + 1 резерв
Робочих днів 32-12-28	Зимовий	32	38 + 1 резерв	12 (12:00 - 16:00)	18 + 1 резерв	28	34 + 1 резерв
Робочих днів 26-13-15	Зимовий	26	31 + 1 резерв	13 (11:00 - 13:00)	20 + 1 резерв	15 (13:00 -18:00)	23 + 1 резерв
Вихідних днів 10	Зимовий, літній	10 (07:00- 21:00)	15 + 1 резерв	10 (07:00- 21:00)	15 + 1 резерв	10 (07:00- 21:00)	15 + 1 резерв
Вихідних днів 12	Літній	12 (08:00- 19:00)	18 + 1 резерв	12 (08:00- 19:00)	18 + 1 резерв	12 (08:00- 19:00)	18 + 1 резерв
Вихідних днів 12-10	Зимовий	12 (07:00- 11:00)	18 + 1 резерв	10 (11:00- 21:00)	15 + 1 резерв	10 (11:00- 21:00)	15 + 1 резерв

Найбільш інтенсивний рух на лініях метрополітену «А» в ранкові години «пік», в які рух поїздів організовано з максимальними розмірами:

- по лінії М1 – 38 пп/год з інтервалом – 1хв 35с;
- по лінії М2 – 38 пп/год з інтервалом – 1хв 35с;

- по лінії М3 – 33 пп/год з інтервалом – 1хв 50с.

Крім цього, в ранкові та вечірні пікові години за графіками руху поїздів встановлювався «зонний» рух через один поїзд:

- по лінії М2 – на ділянці від станції ГД до ВС
- по лінії М3 – на ділянці станція від станції ЛК до станції ХР.

Графік руху поїздів метрополітену «А» в годину пік приведений на рисунку Б.1 у додатку Б цієї роботи, а саме в найбільш завантажену ранкову годину «пік» з 8 до 9 години на лінії М1 з розмірами руху 34 пп/год.

За умови виникнення позаштатної ситуації на лініях метрополітену організація руху поїздів полягає в забезпеченні перевезення пасажирів на ділянках лінії, де немає перешкод для руху електропоїздів, з дотриманням вимог безпеки руху поїздів та безпечного перевезення пасажирів.

У разі перерви в русі поїздів на ділянці лінії метрополітену «А», внаслідок виникнення аварійної ситуації на ній, диспетчер поїзний організовує рух на інших ділянках лінії з оборотом поїздів на проміжних станціях з колійним розвитком та двосторонній рух поїздів. Про ділянки лінії, де неможливо організувати рух електропоїздів, в тому числі з організацією двостороннього руху, що не забезпечує перевезення пасажирів, закриття станцій для обслуговування пасажирів диспетчер поїзний повідомляє черговому по метрополітену.

Черговий по метрополітену інформує старшого диспетчера наземного громадського пасажирського транспорту та чергового Головного управління транспорту КМДА про ділянки лінії метро, де припинено чи обмежено рух електропоїздів, закриті для обслуговування пасажирів станції для інформування пасажирів про тимчасовий режим роботи метрополітену та надання допомоги в забезпеченні їх перевезень наземним міським пасажирським транспортом.

Старший диспетчер наземного громадського пасажирського транспорту координує роботу наземного міського пасажирського транспорту щодо

забезпечення перевезень пасажирів між станціями метрополітену, де тимчасово організовано оборот електропоїздів.

2.2 Аналіз позаштатних ситуацій метрополітену «А» у 2019 році

З метою підвищення рівня відповідальності працівників за безпеку руху поїздів, ескалаторів, автотранспорту та безпечне перевезення пасажирів в метрополітені «А», забезпечення безперебійної роботи технічних засобів, обладнання, споруд та рухомого складу, введено наступні нормативні документи класифікації порушень безпеки руху та нормальної роботи метрополітену:

- 1) Класифікація порушень безпеки руху у поїзній та маневровій роботі на метрополітені «А».
- 2) Класифікація порушень нормальної роботи на метрополітені «А».
- 3) Класифікація порушень нормальної роботи ескалаторів на метрополітені «А».

Згідно даних документів виділяють такі показники порушень безпеки руху у поїзній та маневровій роботі та порушень нормальної роботи:

- Аварія;
- Брак;
- Порушення нормальної роботи метрополітену (далі – ПНРМ);
- Порушення нормальної роботи служби та інших структурних підрозділів метрополітену (електродепо, вагоноремонтного заводу) (далі – ПНРС);
- Позапланові відстої рухомого складу (далі – ПВ);
- Нещасні випадки з пасажирями (далі – НВП);
- Відмови в роботі технічних засобів, споруд, рухомого складу.

До аварій відносять:

1) Зіткнення електропоїздів з іншими поїздами чи рухомих складом, сходи рухомого складу в електропоїздах на лінії метрополітену, внаслідок яких:

- один пасажир або більше загинули, чи п'ять пасажирів або більше отримали травми, опіки чи отруєння та були госпіталізовані;
- допущено припинення руху поїздів хоча б на одній колії перегону протягом п'яти годин і більше;
- пошкоджено рухомий склад до ступеня виключення з інвентарю.

2) Затоплення, пожежа, порушення цілісності колії, споруд, обладнання, пристроїв метрополітену, внаслідок яких:

- один пасажир або більше загинули чи п'ять пасажирів або більше отримали травми, опіки чи отруєння та були госпіталізовані;
- допущено повне припинення руху поїздів хоча б на одній колії перегону протягом п'яти годин і більше.

До **браків** у роботі відносять:

1) Зіткнення електропоїздів, рухомого складу з іншими електропоїздами, рухомих складом, сходи електропоїздів, рухомого складу, випадки затоплення, пожеж, порушення цілісності колії, споруд, обладнання, пристроїв метрополітену, що не мають наслідків аварії даної класифікації, але внаслідок яких:

- допущено припинення руху поїздів хоча б на одній колії перегону понад 30 хвилин;
- від одного до п'яти пасажирів отримали травми, опіки чи отруєння та були госпіталізовані.

2) Приймання і відправлення поїзда, состава за неготовим маршрутом.

3) Переведення централізованої стрілки під поїздом або маневровим складом.

4) Злам осі, осьової шийки або колеса рухомого складу.

5) Проїзд заборонного сигналу світлофора, в тому числі, внаслідок перекриття дозвільного показання світлофора на заборонне з вини працівників метрополітену.

6) Неконтрольований вихід рухомого складу на перегін чи за граничний стовпчик або граничну рейку.

7) Поява на світлофорі дозвільного сигнального показання замість заборонного чи поява більш дозвільного сигнального показання замість менш дозвільного.

8) Поява на покажчику АЛС у кабіні керування електропоїздом хибної сигнальної команди АЛС про гранично допустиму швидкість руху, при якій не забезпечується автоматичне зупинення поїзда від пристроїв АРШ перед поїздом, що зупинився попереду, або перед світлофором із заборонним сигнальним показанням (червоний чи згаслі вогні).

9) Розріз стрілки.

10) Падіння на колію деталей рухомого складу, обладнання, споруд, вантажу, які призвели до порушення графіка руху поїздів або пошкодження колії, контактної рейки, споруд, технічних засобів до ступеня ремонту.

11) Наїзд рухомого складу на споруди, тупикові упори, механізми, візки та інші сторонні предмети, що призвело до необхідності ремонту рухомого складу, споруд або обладнання метрополітену.

12) Саморозчеплення поїзда, состава на головних коліях та коліях для обороту рухомого складу під час руху електропоїздів.

13) Несправність рухомого складу, колії, контактної рейки, пристроїв електропостачання, СЦБ, зв'язку, тунельних споруд, електромеханічних та інших пристроїв, несвоєчасне виконання регламентних робіт чи закінчення робіт у нічне «вікно» з вини працівників метрополітену, або їх неправильні чи неоперативні дії, внаслідок яких допущено перерву в русі поїздів або затримано відкриття руху поїздів після нічного «вікна» хоча б на одній колії перегону понад 30 хвилин чи закриття станції на вхід пасажирів понад 30 хвилин.

14) Заклинювання колісної пари в поїзді.

15) Відчинення дверей вагона електропоїзда з пасажирами під час руху.

16) Злам ходової рейки, елементів стрілочного переводу чи глухого схрещення перехресного з'їзду, які забезпечують утримання коліс рухомого складу в нормативному положенні на ходових рейках, на головних коліях та коліях обороту рухомого складу під час руху електропоїздів.

17) Відправлення поїзда, состава з перекритими кінцевими кранами гальмової магістралі між вагонами з порушенням діючих вимог безпеки руху з вини працівників метрополітену.

18) Керування на лінії поїздом машиністом в одну особу з повним відключенням пристроїв безпеки руху – не працюють АЛС-АРШ та педаль безпеки.

19) Злам рами кузова чи рами візка рухомого складу під час роботи на лінії, що призвело до позапланового зняття його з лінії.

До ПНРМ належать:

1) Випадки затоплення, пожеж, порушення цілісності колії, споруд, обладнання, пристроїв метрополітену, що не мають наслідків браків у роботі, але внаслідок колія була закрита для руху рухомого складу або було обмежено швидкість руху по цій колії.

2) Несправність рухомого складу, колії, контактної рейки, пристроїв електропостачання, СЦБ, зв'язку, тунельних споруд, електромеханічних та інших пристроїв, пожежа, несправжня зайнятість рейкових кіл, несвоєчасне виконання регламентних робіт чи закінчення робіт у нічне «вікно» з вини працівників метрополітену або їх неправильні чи неоперативні дії, внаслідок яких допущено відміну чи запізнення поїздів або закриття станції на вхід пасажирів до 30 хвилин включно.

3) Проїзд електропоїздом сигнального знака «Зупинка першого вагона», коли при цьому неможливо зробити висадку і посадку пасажирів з перших дверей першого вагона.

4) Відправлення електропоїзда з пасажирами зі станції з незачиненими хоча б одними дверима.

- 5) Не проведення висадки пасажирів на станції хоча б з одного вагона через несправність дверей або неправильних дій машиніста електропоїзда.
- 6) Відчинення дверей вагона електропоїзда на станції зі сторони, протилежної платформі.
- 7) Завезення пасажирів на колії для обороту рухомого складу чи в електродепо при знятті рухомого складу з лінії.
- 8) Відправлення поїзда за маршрутом, який не передбачений графіком руху поїздів чи розпорядженням поїзного диспетчера, внаслідок неправильних дій працівників метрополітену.
- 9) Несправність стрілочного електроприводу, при якій неможливо переведення стрілки з апарата керування та вручну (курбелем).
- 10) Втрата електричного контролю плюсового і мінусового положення стрілки з основного та резервного комплектів схеми стрілки.
- 11) Незабезпечення електропостачання споживачів метрополітену першої категорії.
- 12) Травмування пасажирів з вини працівників метрополітену.
- 13) Прослідування електропоїздом без зупинки станції, на якій передбачена графіком руху поїздів посадка та висадка пасажирів, крім випадків про слідування станції без зупинки за розпорядженням поїзного диспетчера чи за сигналом чергового по станції.
- 14) Падіння на колію деталей рухомого складу, обладнання, споруд, вантажу, які не призвели до наслідків браків у роботі.
- 15) Порушення габаритів рухомого складу, обладнання, споруд, перевезення вантажів з вини працівників метрополітену.
- 16) Відсутність позначення червоними вогнями головного вагона рухомого складу, який знаходиться на нічному відстої в тунелі, зі сторони можливого прибуття іншого рухомого складу.

17) Злам ходової рейки, елементів стрілочного переводу чи глухого схрещення перехресного з'їзду, які забезпечують утримання коліс рухомого складу в нормативному положенні на ходових рейках.

18) Осаджування поїзда на станцію у випадках, непередбачених нормативними документами.

19) Відхилення від графіка останнього чи засилочного поїзда, в результаті чого залишились невивезені пасажирів на пересадочних станціях.

20) Неогородження сигналами небезпечного для руху поїздів місця при виконанні робіт.

21) Дорожньо-транспортна пригода з автотранспортом метрополітену з вини працівників метрополітену, яка призвела до необхідності проведення ремонтних робіт.

До ПНРС належать:

1) Несправність рухомого складу, колії, контактної рейки, пристроїв електропостачання, СЦБ, зв'язку, тунельних споруд, електромеханічних та інших пристроїв, пожежа, несправжня зайнятість рейкових кіл, несвоєчасне виконання регламентних робіт чи закінчення робіт у нічне «вікно» з вини працівників метрополітену або їх неправильні чи неоперативні дії, які не призвели до наслідків ПНРМ, але ускладнили перевізний процес чи знизили культуру обслуговування.

2) Неправильні дії обслуговуючого, чергового чи ремонтного персоналу, що призвели до обмеження пропуску пасажирів на вхід до станції, або до проходу пасажирів по зупиненому ескалатору при незакритому вестибюлі станції.

3) Порушення встановленого порядку проходу (виходу) в тунель та на наземні ділянки метрополітену.

4) Невиконання господарчих робіт через несправність моторно-рейкового транспорту та технічних засобів з вини працівників метрополітену.

5) Невиконання господарчих робіт з причин неякісної їх організації або неправильних дій керівників робіт.

6) Незабезпечення належного технічного нагляду за виконання робіт сторонніми організаціями.

7) Порушення умов утримання кабельних мереж, що призвело до їх пошкодження.

До **ПВ** належать випадки зняття рухомого складу з лінії внаслідок несправності, яка виникла не з вини працівників метрополітену.

До **НВП** належать травмування пасажирів на метрополітені внаслідок порушення ними Правил користування метрополітеном, погіршення стану здоров'я, особистої необережності.

До **відмов в роботі технічних засобів, споруд, рухомого складу** належать випадки їх несправності з вини заводів – виробників, конструкторських недоліків, які не призвели до наслідків ПНРМ, ПНРС, ПВ і в яких відсутня вина працівників метрополітену.

В таблицях 2.5 та 2.6 приведені показники з безпеки руху та їх наслідки в частині порушення графіка руху поїздів на метрополітені за 2019 рік.

Таблиця 2.5

Показники з безпеки руху на метрополітені за 2019 рік

Підрозділи	Брак роботи	ПНРМ	ПНРС	ПВ	ДТП
1	2	3	4	5	6
Служба рухомого складу, в тому числі: випадок віднесений за декількома підрозділами		13 1	1	1249	
Служба руху, в тому числі: випадок віднесений за декількома підрозділами		1 1			

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
Служба колії, тунельних споруд і будівель		1			
Служба сигналізації					
Служба інформаційних технологій і зв'язку		1			
Служба електропостачання					
Електромеханічна служба			1		
Ескалаторна служба			1		
Комерційна служба					
Служба воєнізованої охорони					
Служба соціального забезпечення					1
З вини працівників метрополітену		15	3		
З інших причин, в тому числі випадки знаходження пасажирів на колії	5	25			
		7			
Всього	5	40	3	1249	1

Аналізуючи дані таблиці 2.5 визначасмо, що найбільша кількість порушень з безпеки руху в 2019 році сталися із незалежних від працівників метрополітену причин, зокрема більш значимі випадки браків та 62% ПНРМ. При цьому, звертаючи увагу на кількість позапланових відстоїв, виходить, що в середньому кожного дня відбуваються 3-4 відмови на рухомому складі метрополітену.

Таблиця 2.6

Порушення графіка руху поїздів на метрополітені за 2019 рік

Підрозділи	Кількість відмінених поїздів	Запізненні поїздів		Перерва в русі, хвилин	Відсоток виконання графіка
		Кількість	Час, хвилин		
Служба рухомого складу	59	42	129	71	99,985
Служба руху					
Служба колії, тунельних споруд і будівель					
Служба сигналізації					
Служба інформаційних технологій і зв'язку					
Служба електропостачання					
Електромеханічна служба					
Ескалаторна служба					
Комерційна служба					
Служба воєнізованої охорони					
Служба соціального забезпечення					
З вини працівників метрополітену	59	42	129	71	99,985
З інших причин, в тому числі випадки знаходження пасажирів на колії	754	108	462	628	без обліку
	94	35	163		
Всього	813	150	591	699	99,856

За даними таблиці 2.6 встановлено, що у 2019 році збої в русі поїздів мали місце насамперед з незалежних від метрополітену причин, внаслідок яких загальна перерва в русі склала 10 годин 28 хвилин, а також з вини працівників служби рухомого складу метрополітену «А» – 1 годину 11 хвилин.

Аналіз позаштатних ситуацій у 2019 році відображений на рисунку В.1 у додатку В цієї роботи.

Основні причини випадків браку в роботі, ПНРМ та ПНРС у 2019 році:

1) З вини працівників метрополітену:

- некваліфіковані, неправильні та неоперативні дії машиністів електропоїздів під час усунення несправностей рухомого складу;
- відкриття дверей в поїзді на станції та обороту рухомого складу;
- труднощі відключення УАВА на вагоні внаслідок не проведення його перевірки під час ТО-2 та ТО-3 в електродепо;
- злам кронштейна кріплення зривного клапана на вагоні;
- неякісний монтаж електроприводів під час модернізації рухомого складу в електродепо;
- неякісне виконання ревізії датчиків швидкості вагона, зривного клапана вагона, роз'єднувального пристрою крана машиніста;
- невірні дії працівників служби електропостачання під час підготовки робочого місця на СТП станції КР, що призвело до знеструмлення Будинку зв'язку;
- неякісне обслуговування пристроїв живлення пасажирської автоматики;
- порушення габариту наближення обладнання через провисання підвісного водовідного короба, внаслідок неякісного його періодичного огляд
- внутрішній обрив обмотки датчика положення стрілки;
- вихід з ладу трансформатора нової стійки безперебійного живлення пристроїв СЦБ.

2) З інших причин:

- нестабільна робота мікроперемикачів нерозбірного типу модернізованих вагонів типу Е-КМ;
- залипання контактів реле включення гальмування в блоці АРШ вагона;
- міжвиткове замикання обмотки якоря мікропроцесора;
- вихід з ладу датчиків обертів коліс системи АРШ «БАРС-М», що знаходяться на гарантії виробника;
- попадання окалини під відчинення дверей дверного повітрерозподілька вагона та відшарованої частки фарбованого покриття внутрішньої частини корпусу дверного блокування вагона між її контактами;
- хибне спрацювання сповіщувача пожежної сигналізації на модернізованому вагоні типу Е-КМ;
- злам по різі корпусу крана для зливу конденсату з головного повітряного резервуара вагона та технологічного крана напірної магістралі головного вагона, що не можливо було виявити під час ТО та ПР;
- злам кришки зливного клапана⁴
- роз'єднання елементів приводу розсувних дверей внаслідок пошкодження стопорного кільця, що сталося вперше на модернізованому вагоні типу Е-КМ;
- внутрішній обрив обмотки датчика положення стрілки СЦБ;
- закорочування ізолювального стика стороннім струмопровідним предметом;
- злам рейки через електроерозію підшви внаслідок впливу підвищеної вологості;
- отримання інформації про знаходження машини з вибухівкою на мосту «Метро» та надходження інформації про замінування двох кінцевих станцій;
- знаходження пасажирів на коліях метрополітену.

Висновок до розділу 2. Перевізний процес в метрополітені «А» організовано з забезпеченням перевезення наявних пасажирських потоків у відповідні години доби, днів тижня, пори року, а також у разі проведення масових заходів в місті.

Наразі в метрополітені «А» не досконало висвітлюється питання класифікації факторів, що впливають на зниження надійності перевізного процесу в частині забезпечення регулярності перевезень у метрополітені. Аналіз забезпечення безпеки руху та виконання графіка руху поїздів ведеться щодо порушення з вини метрополітену та з інших причин.

Рішення підвищення надійності перевізного процесу полягає у визначенні факторів, що зумовлюють виникнення збоїв в русі електропоїздів на лінії.

Чинниками збоїв у русі є виникнення несправностей або відмов у роботі рухомого складу, контактної та кабельної мереж, засобів сигналізації та централізації, споруд і пристроїв колійного господарства та інших, які задіяні у перевізному процесі. Ці чинники визначаються такими факторами внутрішнього середовища:

- виробничі та експлуатаційні, що з вини метрополітену спричинені низьким рівнем технічного обслуговування і ремонту рухомого складу, засобів, споруд і пристроїв тощо, виконання вимог ПТЕ і нормативних документів, недостатньою кваліфікацією обслуговуючого та експлуатаційного персоналу;
- конструктивні, незалежні від метрополітену, що з вини виробника технічних засобів спричинені їх конструктивною ненадійністю.

Крім цього, визначається фактор зовнішнього середовища, незалежного від метрополітену, який спричинений виникненням збоїв у русі внаслідок падіння та знаходження на колії сторонніх осіб і предметів, що створюють перешкоду для руху поїздів; загрози терористичних проявів (отримання інформації або виявлення предметів з ознаками вибухонебезпечності) на станціях чи перегонах, у вагонах електропоїздів; пошкодження конструкцій тунелів чи огороження наземних ділянок.

3 ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ РОБОТИ МЕТРОПОЛІТЕНУ «А» ЧЕРЕЗ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ

3.1 Пропозиції щодо вдосконалення відновлюваності перевізного процесу у разі виникнення збоїв на лініях метрополітену «А»

Відновлюваність – це здатність відновлення випуску або руху рухомого складу за певний проміжок часу t_{ϵ} , що розташовується залежно від виду збою, місця його виникнення та інших факторів у певному діапазоні $t_{\epsilon(\min)} \leq t_{\epsilon} \leq t_{\epsilon(\max)}$. Межі діапазону, тобто $t_{\epsilon(\min)}$ і $t_{\epsilon(\max)}$, визначаються на основі результатів розрахунків статистичної інформації про збої випуску та руху по метрополітену в цілому.

Відновлюваність відображає рівень професіоналізму диспетчерського персоналу, машиністів, працівників аварійно-відновлювальних формувань і т.д. Вона може бути використана для оцінки практичної діяльності персоналу, що задіяний у реалізації перевізного процесу.

В умовах інтенсивної роботи метрополітену можливі відмови технічних засобів, що призводять до збоїв у русі. Крім того, наявність людського фактору та непередбачуваного в ряді випадків поведінки пасажирів також призводить до виникнення позаштатних ситуацій.

Рішення задач з реалізації керування рухом поїздів на транспорті за наявності необхідного рівня надійності та безпеки перевезень потребує оптимізації процесів з порівнянням різних показників і фактів. Аналітичне визначення критеріїв якості та надійності функціонування транспортних систем, враховуючи існуючі в них багатомірності викликає певні труднощі. У зв'язку з цим перспективним є використання для таких складно структурованих цілей імітаційного моделювання.

Основними перевагами методів імітаційного моделювання для дослідження складних систем вважаються:

- можливість вивчення системи за будь-яких умов, в тому числі коли імітуються аварійні ситуації;
- значне скорочення часу випробувань в порівнянні з натурними діями;
- можливість зміни структури і параметрів модельованої системи без суспільних витрат на реалізацію.

Застосовувані сьогодні моделі транспортних систем орієнтовані на рішення конкретної задачі та мають відповідні їй структуру і ступінь деталізації процесів, що імітуються. Разом з тим сучасні вимоги і рівень розвитку технічних засобів припускають проектувати більш складні, багатофункціональні моделі для широкого спектра задач і спрощення використання адаптації результатів комплексних досліджень. Створення узагальненої структури складної системи і можливість вибору ступеня деталізації при описанні процесів, що проходять в моделі дозволяють отримати універсальний інструмент реалізації різномірних цілей і завдань.

Такі багатофункціональні моделі мають ряд важливих якостей, в тому числі:

- цілеспрямованість - відобразити певну транспортну систему;
- кінцівку - моделювати оригінальну транспортну систему лише в кінцевому числі її відносин;
- спрощеність - відобразити тільки істотні сторони системи;
- адекватність - описувати систему з достатнім ступенем точності;
- наочність основних властивостей і відносин моделі;
- доступність і технологічність для використання;
- збереження інформації в межах розглянутих гіпотез;
- повнота моделі - облік всіх основних системних зв'язків і відносин;
- цілісність - демонструвати систему як єдине ціле;
- адаптивність - можливість завдання різних вхідних параметрів;
- керованість - наявність змінних параметрів на вході моделі;

- модульність - здатність застосовувати автономні елементи для розвитку і модернізації модельних структур;

- ієрархічність - можливість змінювати рівень припущень моделі при розгляді різних процесів;

Пріоритетними напрямками використання багатофункціональної моделі лінії метрополітену представляються:

- отримання характеристик лінії метрополітену на базі імітаційних експериментів (наприклад, тимчасових характеристик перегону);

- оцінка якості керування лінією (припустимо, оцінка якості роботи регулятора часу ходу систем автоведення);

- оцінка ефективності використання нових технологій на лінії метрополітену (зокрема, ефективності рекуперативного гальмування);

- порівняння алгоритмів централізованого управління лінією метрополітену або способів організації руху (наприклад, інтервального і графікових);

- прогнозування ситуацій на лінії метрополітену при деякому поєднанні робочих умов, що передбачаються (скажімо, складання оперативного графіка руху поїздів при наявності збою);

- планування перевізного процесу з урахуванням реальної пропускної здатності лінії (один з варіантів - складання тимчасового графіка руху поїздів);

- аналіз чутливості - виділення факторів, які в більшій мірі впливають на якість керування лінією (пошук найбільш завантаженого перегону на ділянках лінії, де тимчасово організовано рух поїздів для визначення необхідних розмірів руху);

- оптимізація - пошук і встановлення такого поєднання діючих факторів і їх величин, яке забезпечує найкращі показники ефективності системи в цілому (наприклад, пошук та визначення необхідної та можливої парності руху поїздів та оптимального розподілення дільничного часу ходу на часи ходу по перегонах).

Класифікація збоїв зводиться до введення понять великих і малих збоїв.

Малими називаються збої, що призводять до відхилень від планового графіка, компенсація яких проводиться тільки за рахунок ресурсу лінії метрополітену: зміною стоянки поїздів на станціях і часів ходу по перегонах. При великих збоях цього ресурсу недостатньо, тому в цих ситуаціях виконуються позапланові обороти составів на проміжних станціях лінії з колійним розвитком і, за необхідності, позапланове зняття составів з лінії в депо чи на вільні станційні (тупикові) колії на станціях лінії, що призводить до зміни інтервалів руху і порядку проходження поїздів по лінії метрополітену.

Під час таких позаштатних ситуацій завданням диспетчера поїзного є організація руху поїздів на справних ділянках лінії метрополітену, де відсутні перешкоди для їх руху, з максимальним числом відкритих станцій для перевезення пасажирів в обох напрямках та відновлення руху за плановим графіком після усунення причини, яка спричинила збій. У цій ситуації диспетчер є особою, яка приймає рішення з керування рухом поїздів, складність роботи якого полягає в необхідності швидко і правильно організувати рух на лінії.

При виникненні на лінії метрополітену несправностей, що призводять до малих збоїв, керування рухом поїздів здійснюється по одному з відомих алгоритмів: графікових, інтервальних, графіково-інтервальних. Їх використання дозволяє досить швидко увійти в графік при невеликих відхиленнях від планового графіка, тоді як при великих збоях час входження в графік досить велике. Це можна пояснити обмеженістю ресурсу нагону, який визначається підсумком ресурсу скорочення тривалості стоянки поїздів на станціях під висадкою та посадкою пасажирів, зменшення їх ходу по перегонам та обороту составів на кінцевих станціях.

Крім ресурсу нагону лінія метрополітену має ресурс відставання від планового графіка, який визначається підсумком ресурсів збільшення стоянок поїздів на станціях і часу ходу по перегону. Ресурс відставання визначається з урахуванням обмежень на управління в залежності від стану системи з тим, щоб уникнути небезпечного скупчення поїздів на перегонах перед заборонними

сигналами світлофорів систем забезпечення безпеки руху поїздів. Так як ресурс відставання для лінії метрополітену більше ресурсу нагону, то крім нагону планового графіка допускається використання відставання від нього. Вибір того чи іншого способу керування залежить від величини неузгодженості планового і виконаного графіків. Рішення задачі знаходження раціональних алгоритмів управління після малих збоїв ставить завдання дослідження енергоспоживання при застосуванні способів нагону та відставання для входження в плановий графік.

Відновлення руху за плановим графіком після великих збоїв з метою виконання графіка обороту составів поїздів і розташування їх на нічний відстій призводить до необхідності виконання проміжних оборотів поїздів на станціях з колійним розвитком.

Сучасний рівень автоматизації метрополітену «А» не передбачає автоматичного керування рухом поїздів при виникненні позаштатних ситуацій. Ефективність прийнятих диспетчером поїзним рішень багато в чому залежить від досвіду конкретного працівника і наявності у нього достатньої інформації про стан об'єкта керування. З цих причин має бути система підтримки прийняття рішень диспетчера поїзного. За таких умов актуальне впровадження автоматизованої системи керування, що працюватиме на базі універсальних алгоритмів керування лінією метрополітену з забезпеченням оперативного керування рухом електропоїздів за умови виникнення збоїв на ній і відновленням руху за плановим графіком після ліквідації причин збоїв.

Розробку алгоритму оперативного керування рухом поїздів під час збою запропоновано проводити з використанням часової моделі лінії метрополітену, яка відрізняється від традиційних тим, що моделювання проводиться в часовій області. Тобто лінія метрополітену представляється у вигляді замкнутого кола, довжина якого визначається часом повного обороту поїзда для годин «пик». В цьому випадку протяжність лінії оцінюється в тимчасових координатах, і тому відстані між станціями також визначається в часі, яке є сумою часу стоянки на

станції та часу ходу по перегону. Використання такого підходу дозволяє відійти від рішень диференціальних рівнянь руху поїзда в реальному часі, моделювати рух в прискореному часі. Результатом роботи системи підтримки прийнятих рішень диспетчером поїзним при виникненні на лінії великих збоїв є оперативний графік руху поїздів, відповідно до якого диспетчер поїзний здійснює керування лінією метрополітену.

Суть алгоритму, що лежить в основі системи підтримки прийнятих рішень диспетчером поїзним для організації руху поїздів при виникненні на лінії великих збоїв, полягає в поділі лінії метрополітену на три ділянки на рисунку 3.1, один з яких впродовж усього збою віддає електропоїзди на другу ділянку, другий приймає поїзди з першої ділянки і віддає їх на третю.

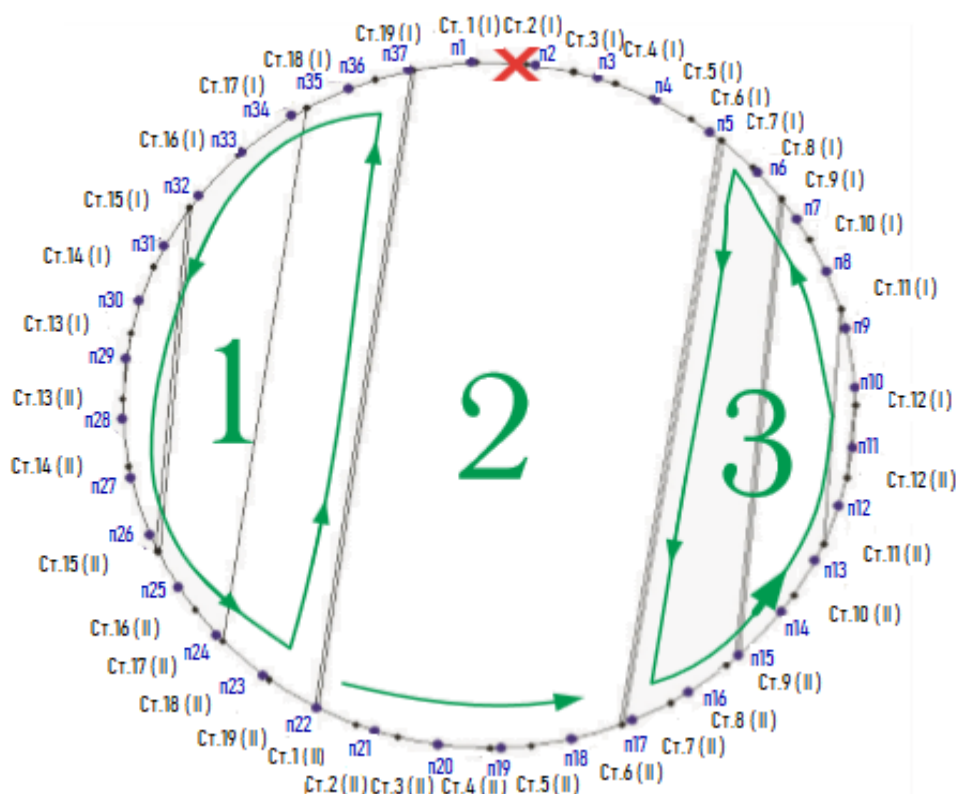


Рисунок 3.1 – Модель організації оперативного керування рухом поїздів за наявності перешкоди для руху поїздів на одній із колій лінії метрополітену

При реалізації алгоритму на рисунку 3.1 основне завдання полягає в розрахунку максимальної кількості поїздів на приймаючій петлі, мінімальної кількості поїздів на віддаваючій петлі, облік обмежень на керування і, як наслідок, прийняття рішення щодо необхідності організації «зонного» руху поїздів по різних станціях і в різному режимі, а також прийняття рішення про необхідність організації двостороннього руху на ділянці лінії з метою перевезення пасажирів по всій протяжності лінії метрополітену. Цей алгоритм належить до класу алгоритмів з розгалуженим рішеннями, вибір яких здійснюється відповідно до наявних обмежень на керування при цільовій функції, що забезпечує мінімізацію дисперсії інтервалу по виділених петлях.

Після усунення причини виникнення великих збоїв рух здійснюється по всій лінії метрополітену. Це робить актуальним завдання пошуку інших алгоритмів відновлення руху за плановим графіком.

На рисунку 3.2 наведений принцип організації оборотів составів поїздів на станціях з колійним розвитком для постановки маршрутів поїздів відповідно до планового графіка.

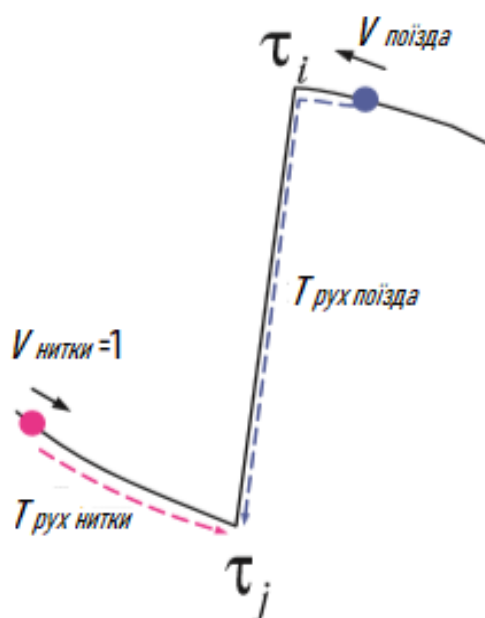


Рисунок 3.2 – Принцип організації оборотів составів поїздів на станціях з колійним розвитком

В основі алгоритму відновлення руху поїздів за плановим графіком лежить необхідність розрахунку часу, необхідного для обороту електропоїзда на проміжних станціях з колійним розвитком, яке визначається підсумком часу руху поїзда до станції по заданому шляху, часу руху до станційного тупика, часу стоянки в глухому куті і часу руху поїзда до протилежної платформи на рисунку 3.2. При цьому для здійснення обороту необхідно щоб отриманий результат не перевищував часу руху нитки до протилежної платформи. Виконуючі зазначені розрахунки, отримуємо масиви поїздів, які можуть обернутися, для кожної станції з колійним розвитком. З таких масивів можна отримати послідовність оборотів поїздів на проміжних станціях, що реалізує зворотний перехід до планового графіку після ліквідації причин збою за мінімальний час і при мінімальній кількості оборотів.

Основним показником роботи алгоритму оперативного керування руху по відновленню планового графіка руху поїздів є час входження в графік, значення якого безпосередньо залежить від часу зайняття останнім поїздом, що прямує не за своєю ниткою, положення в плановому графіку.

Розглянемо наступну ситуацію:

Нехай є два поїзди, що прямують не за своїм ниткам, причому їх положення відносно один одного на момент початку роботи алгоритму відновлення руху за плановим графіком не відіграє істотного значення, хоча і впливає на абсолютну величину часу відновлення графіка. Відстань між нитками графіка першого і другого поїздів кратна поточній величині інтервалу на лінії $n T_i$. Час входження в графік $T_{\text{входу}}$ в разі, якщо воно визначається часом зайняття своєї нитки першим поїздом позначимо $T_{\text{входу}1}$, а для другого поїзда – $T_{\text{входу}2}$. При цьому $n T_i$ визначається з виразу

$$T_{\text{входу}1} - T_{\text{входу}2} = n T_i. \quad (3.1)$$

Звідси випливає, що першим свою нитку повинен зайняти другий поїзд, а

потім перший, тоді $T_{\text{входу}} = T_{\text{входу}1}$ буде меншим $T_{\text{входу}} = T_{\text{входу}2}$ на $n T_i$.

Аналогічно, можна розглянути задачу з k -поїздами, з якої випливає, що при різниці між нитками поїздів $n_i T_i$, де n_i - кількість інтервалів між i -м і $(i-1)$ -м поїздами, тоді:

$$T_{\text{входу}(i)} - T_{\text{входу}(i-1)} = n_i T_i, \quad (3.2)$$

де i – порядковий номер поїзда для даної задачі;

$T_{\text{входу}(i)}$ – час входження в графік, яке визначається часом зайняття своєї нитки i -м поїздом;

$T_{\text{входу}(i-1)}$ – час входження в графік, яке визначається часом заняття своєї нитки $(i-1)$ -м поїздом.

Якщо розглядається різниця між двома наступними не прямуючими услід поїздами, що стоять не на своїх нитках, то:

$$T_{\text{входу}i} - T_{\text{входу}(i-1)} = \sum_{i=1}^m n_i T_i = T_i \sum_{i=1}^m n_i \quad (3.3)$$

Тобто, якщо $\sum_{i=1}^m n_i$ максимальна, то час входження в графік буде мінімальним.

Максимум величини $\sum_{i=1}^m n_i$ для k - поїздів отримується при $m = k$.

Звідси випливає, що при відновленні руху поїздів за плановим графіком істотна послідовність ниток поїздів, на які проводиться оборот для зайняття поїздами «правильного» положення з метою відновлення планового графіка руху поїздів. При формуванні масиву поїздів, які бажають обернутися на станції з колійним розвитком, порядок обороту поїздів буде формуватися відповідно до отриманого вище висновку. Для цього в кожній послідовності визначається порядок поїздів на момент початку відновлення руху за плановим графіком. Першим вважається поїзд, нитка якого знаходиться найближче за часом від моменту початку відновлення графіка, останнім вважається поїзд, нитка якого

знаходиться найбільш віддалена за часом від моменту початку відновлення графіка. Далі послідовність поїздів, що обертаються на станціях формується від останнього до першого. Алгоритм оперативного керування лінією метрополітену для відновлення руху за плановим графіком представлений на рисунку 3.3.

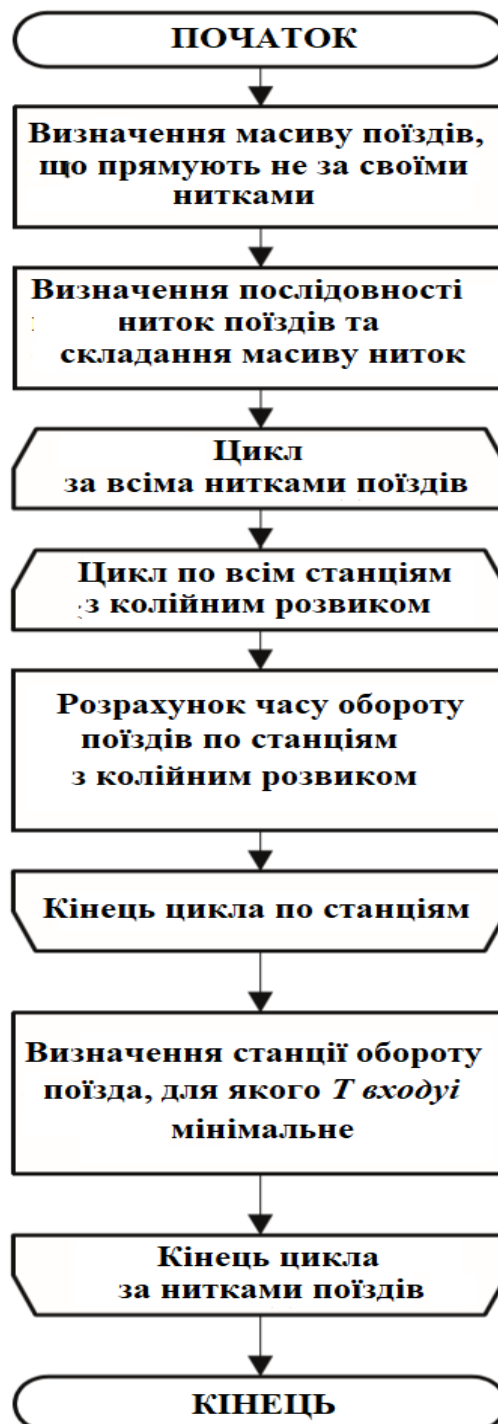


Рисунок 3.3 – Алгоритм оперативного керування лінією метрополітену для відновлення руху за плановим графіком

Крім цього, на даний час велика увага приділяється завданню економії електроенергії. Одним з напрямків вирішення цих завдань є впровадження автоматизованої системи організації руху поїздів з урахуванням раціонального використання електроенергії в разі виникнення збоїв в русі поїздів на лінії метрополітену, що дозволяє знизити енергоспоживання на тягу поїздів при відновленні руху за плановим графіком.

Автоматизована система організації руху поїздів на лінії метрополітену в разі виникнення збоїв складається із:

1. Бази даних лінії, що містить інформацію про плановий графік руху поїздів, станції лінії метрополітену, їх колійного розвитку, залежності обмеження на керування від стану системи та іншої необхідної інформації для організації руху поїздів відповідно до технічної документації метрополітену.

2. Підмоделі руху поїздів, що здійснює моделювання руху поїздів на основі подання руху його в часовій області. Вибір способу моделювання обґрунтовується відсутністю необхідності вирішення диференціальних рівнянь руху поїзда для вирішення даного класу задач, а також можливістю значно прискорити процес формування рішення з керування лінією.

3. Підмоделі обліку залежності обмежень на керування від стану системи, що дозволяє підвищити безпеку керування рухом поїздів за рахунок зменшення кількості зупинок за сигналами системи безпеки. Облік обмежень на керування здійснюється шляхом задання діапазону зміни часу ходу по перегону і часу стоянки поїзда на станції в залежності від поточного міжпоїзного інтервалу.

4. Підмоделі системи інтервального регулювання руху поїздів, що дозволяє уникнути небезпечного зближення поїздів на перегонах. Мінімальний інтервал попутного руху складає 90 секунд.

5. Підмоделі введення виникаючих впливів, що дозволяє встановлювати різні обурення на лінії та дослідити варіанти керування при різноманітних ситуаціях:

- рух по лінії несправного поїзда;

- закриття ділянки лінії для руху поїздів;
- введення обмеження швидкості на ділянці шляху;
- відхилення руху поїздів за графіком на задану величину часу.

6. Підмоделі зміни параметрів руху поїзда, призначеної для зміни часу ходу поїзда по перегону і часу стоянки поїзда на станції, а також для змінення умовних швидкостей нагону та відставання, з отриманого в підмоделі обліку залежності обмежень на керування від стану системи діапазону.

7. Підмоделі розрахунку показників якості, що призначена для оцінки якості керування лінією метрополітену за наступними показниками якості:

- час входження в графік $T_{\text{входу}}$, який визначається за формулою

$$T_{\text{входу}} = t_{\text{вз}} - t_{\text{пз}}, \quad (3.4)$$

де $t_{\text{вз}}$ - астрономічний час входження всіх поїздів в графік,

$t_{\text{пз}}$ - астрономічний час початку ліквідації збою на лінії метрополітену;

- кількість зупинок за сигналами системи інтервального регулювання рухом поїздів k ;
- коефіцієнт реалізації планового графіка руху поїздів, який визначається за формулою

$$K_{\text{рпг}} = \frac{K_{\text{п}}^{\text{ф}}}{K_{\text{п}}^{\text{п}}}, \quad (3.5)$$

де $K_{\text{п}}^{\text{ф}}$ - кількість фактичного прибуття поїздів на станції,

$K_{\text{п}}^{\text{п}}$ - кількість планового прибуття поїздів на станції;

- коефіцієнт реалізації заданих інтервалів по прибуттю, який визначається за формулою

$$K_{P3I}^{\Pi} = \frac{T_{III}^{\varepsilon}}{T_{III}^{\phi}}, \quad (3.6)$$

де T_{III}^{ε} - середній графіковий інтервал між поїздами по прибуттю,

T_{III}^{ϕ} - середній фактичний інтервал між поїздами по прибуттю;

- коефіцієнт реалізації заданих інтервалів по відправленню, що визначається за формулою

$$K_{P3I}^{\Pi} = \frac{T_{IB}^{\varepsilon}}{T_{IB}^{\phi}}, \quad (3.7)$$

де T_{IB}^{ε} - середній графіковий інтервал між поїздами по відправленню,

T_{IB}^{ϕ} - середній фактичний інтервал між поїздами по відправленню;

- витрати електроенергії визначаються за формулою

$$A = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m A_{ij}, \quad (3.8)$$

де n - кількість поїздів на лінії.

m - кількість перегонів лінії;

A_{ij} - витрати електроенергії для i -го поїзда на j -му перегоні.

8. Підмоделі встановлення алгоритмів керування, що дозволяє вибрати різні варіанти відновлення руху за плановим графіком руху після збоїв. Для вирішення завдання економії електроенергії базу існуючих алгоритмів необхідно доповнити енергооптимальним для встановленого $T_{\text{аоду}}$ алгоритмом відновлення руху за плановим графіком.

9. Бази даних залежностей витрат електроенергії на тягу поїздів від часу ходу, отриманих на основі застосування автоматизованої системи енергооптимальних розрахунків. Використання бази даних дозволяє отримати дані про витрату електроенергії і режимах ведення поїзда для реалізації встановленого часу ходу по перегону без додаткового моделювання різних варіантів ведення поїзда по перегону, що дозволяє істотно знизити час отримання варіанту керування лінією метрополітену.

10. Підмоделі збору статистики керування диспетчером поїзним лінією метрополітену, що дозволяє на основі отримання і фіксування інформації про фактичні часи прибуття і відправлення поїздів зі станцій, проводити порівняння і аналіз накопиченої статистики з наявними і алгоритмами відновлення руху за плановим графіком, що знову розробляються.

Структурна схема автоматизованої системи організації руху поїздів на лінії метрополітену в разі виникнення збоїв наведена на рисунку Г.1 у додатку Г цієї роботи.

3.2 Пропозиції щодо підвищення безвідмовності роботи рухомого складу метрополітену «А»

Безвідмовність перевізного процесу полягає у безперервному збереженні стану його динамічної рівноваги протягом деякого періоду часу, тобто здійснення випуску та руху рухомого складу без збоїв. Вона відображає рівень технічного стану парку рухомого складу, засобів забезпечення перевізного процесу (рейкової колії, контактної та кабельної мереж тощо), системи підготовки до випуску та експлуатації на лінії.

Якісне транспортне обслуговування потребує високої надійності рухомого складу, яка забезпечується як досконалістю його конструкції так і рівнем технічного обслуговування та ремонту.

На сьогоднішній день управління технічним станом вагонів метрополітену забезпечується за рахунок затвердженої системи технічного обслуговування та ремонту електрорухомого складу.

Прийнята в метрополітені «А» планово – попереджувальна система ремонту моторвагонного рухомого складу, яка включає технічне обслуговування (ТО), поточний ремонт (ПР) і капітальний ремонт (КР). Основний ремонтний цикл закінчується капітальним ремонтом другого об'єму (КР-2), який проводиться після пробігу вагону від початку експлуатації до КР-2 складає 18-21 рік. Між КР-2 двічі проводиться капітальний ремонт першого об'єму (КР-1), а між кожним КР-1 – два поточних ремонти ПР-3 (першого та другого об'єму). Між ПР-3 виконуються один поточний ремонт ПР-2, а між ПР-2 – два поточних ремонти ПР-1. Між кожним поточним ремонтом ПР-1 виконують цикл технічного обслуговування (ТО-1, ТО-2, ТО-3, ТО-4). Технічне обслуговування ТО-1, ТО-2, ТО-3 та поточні ремонти ПР-1, ПР-2, ПР-3 вагонів виконують в електродепо на основі затвердженого плану ремонту електрорухомого складу.

Система має періодичний характер, особливістю якої є проведення обслуговування чи ремонту у плановому порядку відповідно до чітко встановленого пробігу.

Періодичність проведення ТО, ПР та КР для вагонів 81 серії:

- ТО-1 – через 8-14 годин;
- ТО-2 – через $(3,75 \pm 1,0)$ тис. км;
- ТО-3 – через $(7,5 \pm 2,0)$ тис. км;
- ТО-4 – при необхідності обточування колісних пар;
- ПР-1 – через (60 ± 10) тис. км;
- ПР-2 – через (175 ± 15) тис. км;
- ПР-3 – через (350 ± 20) тис. км;
- КР-1 – (700 ± 40) тис. км;
- КР-2 – (2800 ± 120) тис. км.

Слід зазначити, що подана система технічного обслуговування потребує доопрацювання. Для цього необхідним є дотримання рекомендації заводів-виробників, дані експериментів, досвід експлуатації транспортних засобів та нових нормативів. Виникає потреба щодо зміни міжремонтних пробігів та обсягів робіт, що включають до системи технічного обслуговування та ремонту.

Для виконання даної мети рекомендується на основі міжнародних стандартів удосконалити систему, направлену на підвищення рівня надійності рухомого складу, за рахунок оцінки ризику. Тобто, знаходження похідної від ймовірного підходу (використовується на основі статистичного методу при розрахунку конструкції й застосування методу надійності для прогнозування безвідмовної роботи).

Метод оцінки ризику – це метод, який дозволяє при мінімальних затратах й невисоких можливих збитків, сформувавши алгоритм управління ризиком та реалізацію даного рішення на практиці при максимальній вигоді від альтернативних рішень щодо зменшення рівня ризику.

Для формування вимог до вдосконаленої системи технічного обслуговування та ремонту необхідно застосувати наступні етапи:

- максимально виявити та ідентифікувати можливі небезпеки;
- провести аналіз ризику;
- сформувавши алгоритм управління ризиком;
- провести розрахунок щодо економічності та вигідності прийняття даного рішення управління ризиком.

Ці етапи дають можливість визначити потенційно небезпечні ситуації заздалегідь ще до появи відмови вузла чи агрегату рухомого складу, з метою встановлення рівня величини ризику, проведення оцінки затрат та вигоди щодо правильності вибору способу управління ризиком для зниження його величини. Таким чином, враховуючи вищевказане виникає необхідність щодо побудови повної моделі системи, що аналізується, тобто алгоритму дій, який наведений на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Алгоритм процесу аналізу ризику

На основі відповідних даних проводиться розрахунок необхідних значень статистичних оцінок, які в подальшому дають можливість ідентифікувати наявність небезпеки та оцінити її рівень. Поняття небезпеки в даному аспекті – це явища та процеси, які пов’язані з відмовами агрегатів та вузлів вагону метрополітену, що здатні за певних умов, призвести до шкоди або спричиненню небажаних наслідків. Оцінка рівня небезпеки – це оцінка за бальною шкалою тяжкості небезпеки від можливих передбачуваних наслідків. Правильність проведення даних організаційних етапів на виході формує реальну картину наступаючої аварії, за якою проводиться фіксація ризику та його управління. Під управлінням ризиком розуміється повна ідентифікація та аналіз ризику, с подальшим формуванням прийняття рішень щодо коригування ризику та створення бази запобіжних заходів спрямованих на мінімізацію або повну ліквідацію ризикової події. Аналіз ризику – це початковий етап ціллю якого є отримання необхідної інформації про структуру, властивості, де вибирається рівень надійності в залежності від можливих відмов агрегатів або вузла під час їх експлуатації. Якісна оцінка ризиків - це оцінка умов виникнення ризиків та визначення їх впливу на об’єкт стандартними методами і засобами. Головним завданням якісної оцінки є визначення можливих видів ризиків, а також факторів, що впливають на рівень ризиків при здійсненні визначеного виду діяльності. Наступним кроком є визначення правильності методу впливу на ризик з метою мінімізації наслідків.

Відповідно даному алгоритму забезпечується відповідний рівень надійності рухомого складу метрополітену та можливість коригування системи технічного обслуговування та ремонту за рахунок оцінки ризику у бік посилення по тих основних вузлах чи агрегатах, які можуть призвести до високих витрат при їх відмовах.

Також в сучасних умовах експлуатації складних технічних об’єктів одним з важливих моментів в оцінці поточного стану їх систем і, як наслідок, забезпечення їх надійності, все частіше стає доступною інформація про технічний

стан обладнання об'єкта, зокрема – «вагону метрополітену». Ця можливість досягається шляхом періодичного, дистанційного контролю значень сукупності параметрів об'єкта, що реалізується організацією інформаційних потоків в системі «Об'єкт - Центр Моніторингу», що наведена на рисунку Д.1 у додатку Д.

Можливість контролю і порівняння значень зазначених параметрів з допустимими показниками дозволяє оцінити працездатність системи, своєчасно виявити передвідмовний стан вузла, простежити динаміку зміни будь-якого з контрольованих параметрів у часі і, тим самим, підвищити в цілому експлуатаційну надійність об'єкта. Крім цього є можливість оптимізувати процес технічного обслуговування і ремонту вузлів об'єкта за рахунок того, що в першу чергу обслуговувати або ремонтувати буде необхідно ті вузли і деталі, параметри яких в процесі експлуатації вийшли за межі допустимих значень.

В рамках цієї пропозиції застосування контрольно-діагностичної системи моніторингу поточного стану вузлів і систем вагонів метрополітену в експлуатації є комплексним завданням, рішення якої має включати в себе наступні складові:

1. Обладнання вагонів поїздів первинними перетворювачами механічних, електричних та інших параметрів роботи вузлів в сигнали , доступні до передачі по поїзним інформаційних каналах.

2. Обладнання вагонів поїздів пристроями для первинної обробки одержуваних з датчиків сигналів, а також накопичення, зберігання і передачі інформації на зовнішні пристрої. Дані пристрої крім функції збору і обробки даних з власних датчиків мають можливість обробки інформації, одержуваної з бортових систем контролю.

3. Створення постів комплексного діагностування та зчитування діагностичної інформації, що забезпечують проведення діагностування та контролю основних параметрів механічного обладнання вагонів під час заходу в депо і зчитування інформації з передавальних пристроїв вагонів поїздів для подальшої її передачі в Центр обробки даних депо перед постановкою поїзда

на ремонтну позицію для проведення технічного обслуговування, поточного або між поїзного ремонту.

4. Створення Центрів обробки даних в депо, які здійснюють обробку інформації, що надходить з відповідних Постів зчитування депо. До основних завдань Центру обробки даних в депо повинні ставитися:

- контроль режимів ведення поїзда;
- оцінка поточного технічного стану вузлів і систем вагонів в форматі «норма / не норма» або, при необхідності, в порівнянні поточних значень робочих параметрів з допустимими;
- виявлення передвідмовного стану вагонів;
- прийняття рішень про можливість подальшої експлуатації вагонів, планування їх технічного обслуговування або ремонту;
- прийняття рішень про обсяг виконання ремонтних робіт вагонів надходженні їх на ТО або ТР;
- формування нарядів для спеціалізованих ремонтних бригад на виконання робіт;
- формування і передача зведених звітів про стан вузлів і систем вагонів поїздів в технічні служби Управління метрополітену;
- оперативне оповіщення причетних служб і керівників депо про відмову вузла або системи вагона в експлуатації.

5. Створення на базі депо інформаційних комплексів управління ремонтним процесом або Центрів управління ремонтом депо.

Центр управління ремонтом депо забезпечує організацію та управління технологічним процесом ремонту вагонів, включаючи організацію оснащення і облік запасних частин і матеріалів.

Інформація, що отримується диспетчером Центру управління ремонтом депо з Центру обробки даних депо, дозволяє планувати і коригувати виконання ремонтних робіт, з огляду на можливі відмови устаткування вагонів на лінії.

Функціонування Центру управління ремонтом електродепо забезпечується спеціалізованим обладнанням, включаючи технологічне обладнання ремонтних цехів, має можливість формування та передачі протоколів виконання діагностичних перевірок або випробувань вузлів і деталей обладнання вагонів після ремонту.

Функціональне виконання технологічного обладнання забезпечує мінімізацію втручання фахівця в процес проведення перевірок або випробувань, підвищуючи достовірність виконуваних операцій.

Запропоновані на сучасному етапі системи технічного діагностування, збору, обробки і передачі даних, дозволяють реалізувати завдання по організації «інформаційної видимості» вузлів і систем технічних об'єктів практично будь-якої складності, в тому числі таких, як вагони поїздів метрополітену

На сьогодні метрополітен «А» володіє 821 вагоном, які використовуються для перевезення пасажирів. Вік 579 вагонів (70% загального парку) понад 15 років. З них 135 вагонам, які використовувались для пасажирських перевезень більше ніж 30 років, було проведено комплексну модернізацію, що дозволило подовжити строк експлуатації вагонів на 20 років. Фізичний та моральний знос інвентарного парку становить близько 84% їх початкової балансової вартості.

Пропозиція має такі завдання:

- 1) Покращити економічну ефективність метрополітену та забезпечити неперервність надання послуг
- 2) Зменшити відтік пасажирів на альтернативні види транспорту внаслідок погіршення стану рухомого складу
- 3) Покращити якість поїздок громадським транспортом завдяки підвищенню стандартів якості

Пропозиція передбачає придбання 20 вагонів метро. Буде замінено рухомий склад, який знаходиться у критичному стані і буде виведений з експлуатації у поточному році.

Основною задачею даного алгоритму є оцінити надійність основних агрегатів та вузлів вагону метрополітену. Для вирішення даної задачі використовується статистичні дані та досвід експертів.

Нові вагони метрополітену мають бути більш ефективними та надійними в експлуатації і надавати можливість:

- отримати вагони з принципово новими динамічними характеристиками, що підвищить комфортність пасажирів, забезпечивши плавність руху;

- зменшення навантаження на механічні частини рухомого складу, тим самим підвищити надійність його роботи та подовжити термін експлуатації до 50 років;

- покращення динамічних характеристик забезпечить надійну роботу рухомого складу при не сприятливих погодних умовах;

- відсутність пускових резисторів в електричній схемі вагонів усуває втрати електричної енергії на їх нагрів. Поїзд буде споживати стільки електроенергії, скільки потрібно на приведення його в рух, а наявність рекуперації надасть можливість в режимі гальмування, повертати електричну енергію в контактну мережу для потреб інших вагонів. Це дасть змогу знизити питому норму споживання до менше 35Вт год/т км;

- покращити технологічність, зменшити матеріалоемність, скоротити кількість відмов та експлуатаційні витрати;

- скоротити долю трудомістких робіт по ремонту тягових двигунів, вивільнити частину робочої сили та підняти рівень культури технічного обслуговування

У конструкції вагонів застосовуватимуться конструктивні елементи, які не обслуговуються або мало обслуговувані.

Новий рухомий склад має підвищити комфорт як для машиністів, так і для пасажирів:

- комфорт для машиніста забезпечуватиметься кабіною з ергономічно обладнаним пультом управління, індикаторними і комунікаційними приладами, інформаційними дисплеями і системами: управління, пожежної сигналізації і пожежогасіння, освітлення, кондиціонування, вентиляції, відеоспостереження (як в салонах вагонів, так і з зовні вагонів з метою спостереження за рухомим складом), інформаційного забезпечення, охоронної сигналізації, якісними освітлювальними приладами та опалення;

- комфорт для пасажирів має забезпечуватися сучасним екстер'єром та інтер'єром вагонів, зручними пасажирськими сидіннями, примусовою системою вентиляції, низьким рівнем шуму за рахунок якісної шумоізоляції, зниженням рівня вібрації та підвищенням плавності ходу за рахунок пневматичного підвішування кузова.

У ситуації «без Пропозиції» 20 вагонів виходять з експлуатації вже у цьому році Метрополітен «А» буде змушений скоротити перевезення та зменшити парність руху на лінії М2, при цьому інтервал руху поїздів в пікові години збільшиться на 10 с, а середній час перебування у дорозі на 2 хвилини.

Висновок до розділу 3. Безвідмовність та відновлюваність повинні отримувати оцінку через показники, що у сукупності утворюють систему оцінки надійності перевізного процесу.

Основним з напрямків стратегії метрополітену «А» має бути впровадження технологій у виробничі процеси, зокрема:

- повне задоволення потреб підприємства необхідного парку пасажирських вагонів, їх ремонті та підтримці в технічно справному стані;

- забезпечення відновлення руху поїздів після збоїв на лініях з раціональним використанням рухомого складу та електроенергії.

Застосування автоматизованої системи організації руху поїздів на лінії метрополітену у разі виникнення позаштатних ситуацій, дозволить здійснювати економію електроенергії на тягу поїздів при відновленні руху по плановому

графіком і підвищити безпеку руху за рахунок врахування обмежень на управління в залежності від стану системи. Отримана система може бути використана для оцінки якості управління диспетчером поїзним лінією метрополітену.

Закупівля нових одиниць вагонів надасть можливість оновлення існуючого рухомого складу, технічний знос якого прибігає до 100% зносу та по строкам служби потребує заміни. Запланована заміна рухомого складу вирішить лише частину потреб метрополітену А. Оскільки майже весь рухомий склад вичерпав встановлений термін служби і морально застарілий, все частіше потребує ремонту та удосконалення. Гостро постає проблема щодо оновлення існуючого рухомого парку, який відповідав би міжнародним стандартам. Спостерігається тенденція збільшення частки рухомих одиниць, що перебувають у несправному стані, при цьому за допомогою власних зусиль підприємства відбуваються ремонти, що збільшують строк експлуатації на незначний період. У зв'язку із економічною неспроможністю своєчасно досягнути цієї мети практично неможливо. Тому залишається модернізувати враховуючи наявний парк вагонів, що фізично не вичерпали строк служби, або удосконалити систему технічного обслуговування та ремонту. Таким чином, система управління рухомого складу метрополітену потребує подальшого удосконалення, а саме у частині періодичності виконання технічних впливів, що забезпечує відповідний рівень надійності та працездатності рухомого складу, й трудомісткості даних технічних оглядів та ремонтів.

4 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА МЕТРОПОЛІТЕНУ «А»

4.1 Екологічні аспекти метрополітену «А»

Метрополітен здійснює комплексний надзвичайно інтенсивний техногенний вплив на навколишнє середовище - наземні міські території і підземний простір міст. Найбільші перевищення рівня екологічної безпеки для довкілля створюють параметричні впливи при русі рухомого складу метрополітену – шум і вібрація. До того ж в устаткуванні вагонів метрополітену старих серій широко використовували матеріали і пристрої, які при зносі утворюють екологічно небезпечні відходи, що потребують спеціальних методів знешкодження.

Важливу роль у підвищенні рівня екологічної безпеки метрополітену, поліпшенні захисту природного середовища від негативних фізичних та хімічних впливів цього технічного об'єкта може виконати модернізація рухомого складу, проведена в вагоноремонтних депо при капітально-відновлювальних ремонтах.

У виробничій діяльності метрополітену екологічне значення мають не тільки елементи виробленої продукції (шум і вібрація, створювана модернізованими вагонами, екологічна безпека використаних матеріалів і конструктивів та ін.), але й елементи виробництва (вплив на навколишнє середовище, ресурсоспоживання,

Для зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище, створюваного об'єктами метрополітену, та приведення їх рівня у відповідність до нормативних вимог, проблему забезпечення техногенної безпеки виробничих процесів і екологічної безпеки продукції вагоноремонтних депо метрополітену необхідно вирішувати комплексним методом. Для виробничих процесів це впровадження ресурсозберігаючих та енергозберігаючих технічних рішень, природоохоронних технологій, що забезпечують дотримання норм гранично допустимого вмісту шкідливих речовин у рідких відходах, які надходять у навколишнє середовище. А для виготовленої продукції (модернізованих вагонів

метрополітену), це поліпшення при деповському ремонті екологічних показників, а саме зниження рівня створюваного ними параметричного навантаження на навколишнє середовище, ресурсоспоживання, а також утворення екологічно небезпечних відходів.

З метою проведення ефективної і цілеспрямованої діяльності з охорони навколишнього природного середовища в метрополітені «А», належного використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки, запобігання негативному впливу діяльності підприємства на навколишнє природне середовище у 2017 році затверджено Положення про систему екологічного управління метрополітену. Сьогодні на підприємстві функціонує система екологічного управління з дотриманням вимог чинного законодавства, ДСТУ ISO 14001:2015 (ISO 14001:2015, IDT) та інших нормативних документів у сфері екологічного менеджменту. Система екологічного управління поширюється на всі виробничі структурні підрозділи підприємства з урахуванням специфіки їх діяльності та управлінських зв'язків між ними, охоплює дії, продукцію, послуги чи засоби, які мають або можуть мати суттєві екологічні аспекти.

Щорічно для досягнення цілей і завдань системи екологічного управління, визначених з урахуванням вимог Законів України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про охорону атмосферного повітря», «Про відходи», Водного кодексу України, Кодексу України про надра та інших законодавчих і підзаконних нормативно-правових актів України, на підприємстві розробляється, затверджується та вводиться в дію основний документ системи екологічного управління – Програма заходів з питань охорони навколишнього природного середовища.

Фактичні витрати метрополітену «А» на реалізацію заходів за основними розділами Програми заходів з питань охорони навколишнього природного середовища за період 2017-2019 роки [35, 36] наведено в таблиці 4.1

Таблиця 4.1

Витрати на реалізацію заходів за основними розділами Програми заходів з питань охорони навколишнього середовища в метрополітені «А» за 2017-2020 рік

Основні розділи програми	Витрати, тис.грн.			
	Фактичні			Планові
	2017 рік	2018 рік	2019 рік	2020 рік
Охорона атмосферного повітря, тис.грн.	59,72	152,29	92,97	116,77
Охорона водних ресурсів, тис.грн.	2627,48	1254,10	887,60	1594,70
Поводження з відходами виробництва та споживання, тис.грн.	1204,31	1403,31	4014,64	6532,26
Інші заходи , тис.грн.	88,58	101,03	1094,58	2168,75
Загальні витрати, тис.грн.	3980,09	2819,73	6089,79	10412,48

Витрати на реалізацію інших заходів складаються з витрат на придбання контейнерів для роздільного збирання побутових відходів; на придбання послуг з оцінки впливу на довкілля водозабору підприємства; на розробку нормативів граничнодопустимих скидів стічних вод; на придбання послуг з розроблення та затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря із стаціонарних джерел та отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря

Всі роботи та послуги, що передбачені Програмою заходів, але не можуть бути виконані (надані) власними силами, закуповуються підприємством відповідно до Закону України «Про публічні закупівлі» через систему електронних закупівель ProZorro.

З метою дотримання чинного законодавства про відходи, запобігання накопиченню відходів на території виробничих структурних підрозділів

підприємства і станцій метрополітену та враховуючи, що поводження з відходами є основним екологічним аспектом для підприємства, проводяться централізовані закупівлі послуг у сферах поводження з небезпечними та з безпечними відходами.

4.2 Підвищення екологічної безпеки процесів експлуатації рухомого складу та електродепо в метрополітені «А»

Метрополітен є екологічно чистим видом міського громадського транспорту, що працює виключно за рахунок споживання електроенергії для тяги поїздів.

У попередні роки частково оновлено рухомий склад метрополітену «А» за рахунок «зелених інвестицій» – комплексної модернізації 135 вагонів типу «Е» та їх модифікації.

Під час зазначеної комплексної модернізації:

- відновлені та підсилені пошкоджені під час експлуатації елементи металоконструкції кузовів;
- замінено гальмівне обладнання на обладнання Knorr-Bremse;
- впроваджені енергозберігаючі засоби: тягове обладнання постійного струму було замінено на асинхронні двигуни змінного струму компанії Mitsubishi Electric, впроваджено системи рекуперації [37];
- під вагони встановлені нові візки моделі 68-7054 виробництва ПАТ «КВБЗ» з двоступенчатим ресорним підвішуванням безколіскового типу, які мають у центральному підвішуванні пневморесори та пружини в буксовому підвішуванні, обладнані дисковими гальмами та протитюзовими системами;
- пасажирський салон обладнаний новою підлогою, новими вікнами, дверима, електрообладнанням, світлодіодним освітленням, системою аварійної сигналізації та протипожежною системою.

Завдяки реалізації цього проекту метрополітен отримав не тільки економічний з точки зору споживання електроенергії, ефективний в експлуатації транспорт, а й зниження шкідливих викидів, зменшення навантаження на навколишнє середовище. Викиди парникових газів (CO₂) протягом 2018 року скоротились на 13 102 т, а 2019 року – на 11 401 т за рахунок зменшення споживання електроенергії на тягу [35, 36].

З метою впровадження енергозберігаючих освітлювальних приладів в мережах освітлення салонів вагонів та зменшення кількості небезпечних відходів під час виконання деповського ремонту в метрополітені «А» впродовж 2018 року здійснено модернізацію салонного освітлення 71 вагону, а 2019 року – 105 вагонів з заміною люмінесцентних ламп на світлодіодні модулі [35,36].

Модернізація салонного освітлення виключає утворення небезпечних ртутьвмісних відходів при експлуатації вагонів метрополітену.

Раніше при відновлювальному ремонті вагонів метрополітену встановлювалися в основному світильники, розраховані на люмінесцентні лампи (дві по 18 або 20 Вт), при зносі яких утворюються небезпечні відходи, що містять ртуть та потребують спеціальних заходів щодо зберігання, транспортування та утилізації. У кожному вагоні метрополітену 50-54 лампи, у вагонному парку метрополітену «А» на даний час їх залишилося понад 20 тисяч, а щорічне утворення відходів люмінесцентних ламп при необхідності їх заміни становитиме близько 7 тис. штук.

Важливим аспектом модернізації вагонів метрополітену, яка підвищує екологічну безпеку вагонів метрополітену по проблемі утворення небезпечних відходів та знижує споживання електроенергії, є застосування сучасного освітлювального обладнання - світлодіодного освітлення. В даний час світлодіодні лампи отримали велике поширення в використанні на транспорті. В першу чергу це пов'язано з тим, що дані конструкції позиціонуються як енергозберігаючі. Зменшення споживання електроенергії, що генерується ТЕЦ, які працюють на рідкому та твердому паливі - це зниження викиду в атмосферу

CO₂ та інших газів парникового ефекту, таким чином це технічне рішення сприяє охороні природного середовища. Світлодіодне освітлення має ще ряд екологічно значущих переваг: воно не містить небезпечних для навколишнього середовища та здоров'я людей речовин. Відпрацьовані світлодіодні лампи не вимагають спеціальної утилізації, в той час як люмінесцентні лампи, що містять важкий метал першого класу небезпеки - ртуть, вимагають дорогих заходів щодо збору, екологічно безпечного зберігання та знешкодження – демеркуризації.

Порівняльні характеристики ламп освітлення наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Порівняльна експлуатаційна характеристика ламп освітлення

Характеристики	Світлодіодна лампа	Люмінесцентна лампа
1	2	3
Споживана потужність одним вагоном, W	120-400	1020-1700
Ефективність світловіддачі, Lm/W	78	28
Робоча температура, °C	30	60
Строк служби, ч	До 50 000	До 25 000
Екологічність	Не містить екологічно небезпечних речовин	Містить ртуть
Утилізація відходів	Не потребує спеціальних заходів утилізації	Вимагає спеціальних заходів утилізації
Часте включення та відключення живлення	Не впливає на термін служби	Скорочує термін служби
Вібраційна стійкість	Так	Ні
Стійкість до перепадів напруги	Так	Ні

Світлодіодне освітлення більш пожежобезпечне, що пов'язано з температурою нагріву світлового елемента в процесі роботи: світлодіодні лампи нагріваються всього до 30 С, а лампи денного світла - до 60 С. При цьому світлодіодне освітлення набагато комфортніше для зору за рахунок відсутності вібрації (мерехтіння). Світлодіодне освітлення вигідніше і за термінами експлуатації виробу: тривалість роботи світлодіодних ламп вдвічі більше ніж люмінесцентних.

Висновок до розділу 4. В метрополітені «А» виконуються певні роботи щодо вжиття заходів з охорони навколишнього середовища в сферах поводження з небезпечними та з безпечними відходами, а також модернізації рухомого складу, що передбачають зменшення небезпечних відходів і споживання електроенергії.

При цьому, в метрополітені «А» слід підвищити екологічну безпеку шляхом впровадження сучасних прогресивних технологій і технічних рішень [38] щодо мінімізації шумового і вібраційного впливу, утворення при зносі конструкцій і обладнання небезпечних відходів, які є джерелами екологічної небезпеки, специфічних для технічного об'єкта – «вагони метрополітену» при виконанні капітальних ремонтів на вагоноремонтному заводі метрополітену та поточних ремонтів в електродепо.

5 ОРГАНІЗАЦІЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ В МЕТРОПОЛІТЕНІ «А»

Функціонування системи управління охороною праці (СУОП) в метрополітені «А» (на підприємстві) забезпечується начальником метрополітену та керівниками структурних підрозділів (відповідно до делегованих їм повноважень) і реалізується через комплекс організаційних заходів, що передбачають:

- ідентифікацію небезпек, оцінювання ризиків, визначення заходів безпеки;
- створення відповідних служб та призначення посадових осіб, які забезпечують вирішення задач та питань охорони праці;
- затвердження посадових інструкцій для кожної посадової особи та встановлення контролю за їх виконанням;
- розроблення положень, інструкцій, інших локальних нормативних актів з охорони праці, які встановлюють порядок організації та безпечного виконання робіт, правила поведінки працівників на території підприємства;
- забезпечення належного утримання будівель і споруд, виробничого обладнання та устаткування, моніторингу за їх технічним станом;
- організацію лабораторних досліджень умов праці, оцінки технічного стану виробничого обладнання, атестації робочих місць на відповідність нормативно-правовим актам з охорони праці;
- здійснення контролю за дотриманням працівниками технологічних процесів, правил поведінки з машинами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, використанням засобів колективного та індивідуального захисту, виконанням робіт відповідно до вимог нормативних актів з охорони праці;
- розроблення та реалізацію комплексних заходів з охорони праці, забезпечення належних обсягів їх фінансування;

- професійного відбору, навчання (спеціального навчання) та перевірки знань з питань охорони праці;
- усунення причин, що призводять до нещасних випадків або професійних захворювань та здійснення профілактичних заходів, визначених комісіями за підсумками їх розслідування;
- організацію попередніх (при прийнятті на роботу) та періодичних медичних оглядів працівників;
- інформування та пропаганду безпечних методів та прийомів роботи.

Організаційна структура СУОП метрополітену «А» наведена на рисунку 5.1.



Рисунок 5.1 – Організаційна структура СУОП метрополітену «А»

На підприємстві, відповідно до статті 15 Закону України «Про охорону праці», створена служба охорони праці. Начальник цієї служби підпорядковується начальнику метрополітену та у оперативному відношенні – заступнику начальника метрополітену (НЗТ).

Інженери з охорони праці у виробних структурних підрозділах метрополітену підпорядковуються керівнику цього підрозділу та оперативно – головному інженеру цього підрозділу і начальнику служби охорони праці.

На службу охорони праці покладаються функції щодо організації функціонування і вдосконалення СУОП, а саме:

- збір, облік і аналіз необхідної інформації та оцінка стану охорони праці на підприємстві;
- підготовка проектів розпорядчих документів щодо функціонування СУОП та внесення їх на розгляд начальнику метрополітену;
- контроль і координація діяльності посадових осіб структурних підрозділів щодо забезпечення ефективності СУОП, а також стосовно своєчасності та повноти реалізації прийнятих управлінських рішень щодо функціонування та постійного вдосконалення СУОП.

Функціонування СУОП передбачає виконання законодавчих та інших нормативно-правових актів з охорони праці, а також розроблення та застосування локальних нормативних актів з охорони праці підприємства і його структурних підрозділів, зокрема:

1) Перелік основних законодавчих та інших нормативно-правових актів з охорони праці, які використовуються на підприємстві, складається, періодично переглядається (відповідно до змін у законодавстві) та актуалізується службою охорони праці.

2) Перелік нормативних актів, які застосовуються у виробничому структурному підрозділі, складається інженером з охорони праці цього підрозділу.

3) Розроблення (перегляд) локальних нормативних актів з охорони праці здійснюється відповідно до державного Порядку опрацювання і затвердження роботодавцем нормативних актів з охорони праці, що діють на підприємстві і Положення про розробку нормативних актів з охорони праці на підприємстві та ведення відповідних переліків.

4) Розроблення (перегляд) інструкцій з охорони праці здійснюється відповідно до вимог державного Положення про розробку інструкцій з охорони праці та Положення про розробку інструкцій з охорони праці підприємства.

На підприємстві, відповідно до статті 16 Закону України «Про охорону праці», створені центральна комісія з питань охорони праці та комісії з питань охорони праці виробничих структурних підрозділів, які своїй діяльності керуються державним Типовим положенням про комісію з питань охорони праці та Положенням про комісію з питань охорони праці підприємства.

На підприємстві здійснюється контроль за станом здоров'я працівників:

1) Проведення обов'язкових медичних оглядів здійснюється відповідно до вимог державного Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій і Положення про порядок проведення медичних оглядів працівників підприємства.

Обов'язковим попереднім та періодичним медичним оглядам підлягають наступні категорії працівників підприємства:

- зайняті на роботах з важкими та шкідливим умовами праці;
- зайняті на роботах з підвищеною небезпекою;
- робота яких пов'язана із забезпеченням безпеки руху поїздів;
- які працюють в умовах підвищеної особистої небезпеки;
- діяльність яких пов'язана з обслуговуванням населення і може призвести до поширення інфекційних хвороб;
- зайняті керуванням транспортними засобами;
- які підлягають профілактичному наркологічному огляду;
- які підлягають обов'язковому психіатричному огляду;

- діяльність яких потребує професійного добору;
- віком до 21 року.

2) Проведення передрейсових медоглядів працівників, робота яких пов'язана із забезпеченням безпеки руху, здійснюється відповідно до вимог державного Положення про медичний огляд кандидатів у водії та водіїв транспортних засобів і Порядку організації та проведення передрейсових медичних оглядів працівників локомотивних бригад на підприємстві.

3) Аналіз стану захворюваності працівників проводиться, відповідно до вимог Положення про проведення аналізу показників захворюваності працівників підприємства, щоквартально і за підсумками року та оформляється у вигляді пояснювальної записки, таблиць встановленої форми та списків часто- і тривалохворюючих працівників.

4) Під час надання першої невідкладної допомоги, у разі настання нещасного випадку на виробництві, травмування чи раптового погіршення стану здоров'я працівників підприємства, необхідно керуватися Інструкцією з надання першої невідкладної допомоги потерпілим у разі настання нещасного випадку на виробництві, що діє на підприємстві.

На підприємстві забезпечується проведення інструктажів, навчання та перевірка знань з питань охорони праці здійснюються відповідно до вимог державного Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці та Положення про навчання з питань охорони праці підприємства:

1) Працівники під час прийняття на роботу і в процесі роботи (періодично) проходять інструктажі, навчання та перевірку знань з питань охорони праці, з надання першої невідкладної допомоги потерпілим у разі настання нещасного випадку на виробництві і правил поведінки у разі аварії.

2) Працівники, зайняті на роботах з підвищеною небезпекою або там, де є потреба у професійному доборі, перед допуском до самостійної роботи та

періодично (один раз на рік) проходять спеціальне навчання і перевірку знань відповідних інструкцій та нормативно-правових актів з охорони праці.

3) Посадові особи, відповідальні за безпечне виконання робіт та експлуатацію устаткування підвищеної небезпеки, проходять спеціальне навчання до призначення їх на посаду та періодично (один раз на три роки).

Посадові особи, які виконують роботи або експлуатують устаткування підвищеної небезпеки перед допуском їх до самостійної роботи та періодично (один раз на рік) проходять спеціальне навчання і перевірку знань в обсязі, необхідному для обслуговуючого чи ремонтного персоналу.

Пропаганда дотримання вимог безпеки і гігієни праці під час виконання трудових обов'язків здійснюється шляхом:

- проведення Днів охорони праці відповідно до вимог Положення про проведення Дня охорони праці на підприємстві;
- створення кабінетів охорони праці, оформлення куточків охорони праці відповідно до Рекомендацій щодо організації роботи кабінету охорони праці та утримання куточків охорони праці на підприємстві;
- проведення нарад і зборів, оглядів і семінарів, конкурсів і співбесід тощо.

Інформування і консультування працівників щодо змісту нормативно-правових актів з охорони праці, а також забезпечення їм доступу до документів у сфері охорони праці, визначених законодавством, проводиться працівниками служби охорони праці та інженерами з охорони праці виробничих структурних підрозділів.

Працівникам забезпечується доступ до інформації та документів, що містять результати атестації робочих місць, заплановані профілактичні заходи, результати розслідування, обліку та аналізу нещасних випадків та звіти з цих питань, а також до повідомлень, подань та приписів органів державного нагляду за охороною праці.

Розгляд звернень і запитів громадян або їх представників стосовно охорони праці проводиться по суті порушених питань, з наданням письмової відповіді в строки та порядку, встановленому Законами України «Про звернення громадян» і «Про доступ до публічної інформації» та Порядком роботи зі зверненнями громадян на підприємстві.

Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту:

1) На роботах зі шкідливими і небезпечними умовами праці, а також на роботах, які пов'язані із забрудненням або несприятливими метеорологічними умовами, працівникам підприємства безоплатно видаються спеціальний одяг, спеціальне взуття, інші засоби індивідуального захисту відповідно до державних мінімальних вимог безпеки і охорони здоров'я при використанні працівниками засобів індивідуального захисту на робочому місці та понад встановлені норми – на умовах Колективного договору.

2) Дільниці виробничих структурних підрозділів комплектуються черговими засобами захисту відповідно до державних мінімальних вимог безпеки і охорони здоров'я при використанні працівниками засобів індивідуального захисту на робочому місці та державних Правил експлуатації електрозахисних засобів.

Забезпечення працівників молоком або рівноцінними харчовими продуктами, милом, мийними та знешкоджувальними засобами.

1) На роботах із шкідливими умовами праці, де концентрація хімічних речовин, зазначених у державному Переліку хімічних речовин при роботі з якими в профілактичних цілях рекомендується вживання молока чи інших рівноцінних харчових продуктів, перевищує гранично допустимий рівень, працівники Підприємства безоплатно забезпечуються молоком. відповідно до вимог Положення про порядок забезпечення працівників, які зайняті на роботах з шкідливими умовами праці, молоком або рівноцінними харчовими продуктами на Підприємстві та на умовах Колективного договору.

2) Забезпечення працівників милом та знешкоджувальними засобами здійснюється відповідно до вимог Положення про порядок забезпечення милом, мийними та знешкоджувальними засобами працівників підприємства та на умовах Колективного договору:

- на роботах, пов'язаних із забрудненням, працівникам безоплатно видається мило, за встановленими нормами;
- на роботах, де можливий вплив на шкіру шкідливо діючих речовин, працівникам безоплатно видаються також мийні та знешкоджувальні засоби.

Атестація робочих місць за умовами праці проводиться атестаційними комісіями виробничих структурних підрозділів не рідше одного разу на 5 років або позачергово, у разі докорінної зміни умов і характеру праці на робочому місці відповідно до державного Порядку проведення атестації робочих місць за умовами праці та вимог інших нормативних актів, що увійшли до Порядку проведення атестації робочих місць за умовами праці підприємства.

Перелік робочих місць, виробництв, робіт, професій і посад, працівникам яких підтверджене право на пільги і компенсації за шкідливі умови праці, зокрема на пенсію на пільгових умовах, затверджується наказом по виробничому структурному підрозділу та зберігається на підприємстві протягом 50 років.

Планування заходів і планів передбачає складання:

- комплексних заходів щодо досягнення встановлених нормативів безпеки, гігієни праці і виробничого середовища та підвищення існуючого рівня охорони праці на підприємстві (в додатку до Колективного договору);
- програми заходів з поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на підприємстві;
- графіка перевірок (обстежень) стану охорони праці тощо.

Під час планування заходів з охорони праці обсяги і джерела фінансування повинні бути попередньо погоджені з причетними посадовими особами підприємства та враховані у програмі технічного розвитку та річному плані закупівель підприємства.

Планування та фінансування заходів з охорони праці здійснюється відповідно до статті 19 Закону України «Про охорону праці» та вимог Положення про планування роботи з охорони праці на підприємстві.

Розслідування нещасних випадків на виробництві проводиться відповідно до вимог державного Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві і Порядку проведення розслідування нещасних випадків на виробництві підприємства:

- комісією підприємства – у разі нещасного випадку з тимчасовою втратою працездатності (без тяжких наслідків);
- комісією територіального управління Держпраці за участю представників підприємства – у разі нещасних випадків: із смертельними наслідками; груповими нещасними випадками, які сталися одночасно з двома і більше працівниками, незалежно від ступеня тяжкості отриманих ними травм; випадки смерті працівників на підприємстві; випадки зникнення працівників під час виконання трудових (посадових) обов'язків; нещасні випадки, що спричинили тяжкі наслідки, у тому числі з можливою інвалідністю потерпілого.

Акти розслідувань нещасних випадків, з матеріалами розслідування, зберігаються в службі охорони праці протягом 5 років, після чого передаються до архіву підприємства для подальшого зберігання.

Розслідування нещасних випадків невиробничого характеру проводиться комісіями виробничих структурних підрозділів і адміністрації підприємства, відповідно до вимог державного Порядку розслідування та обліку нещасних випадків невиробничого характеру і Порядку розслідування та обліку нещасних випадків невиробничого характеру на підприємстві.

Звіти з охорони праці складаються відповідно до вимог державної Інструкції та роз'яснень Державної служби статистики України щодо заповнення форм державних статистичних спостережень та Положення про порядок складання звітності з питань охорони праці підприємства за двома основними напрямками:

- державні статистичні спостереження за встановленими формами;
- оперативні (внутрішні) звіти підприємства з охорони праці.

Мотиваційне регулювання та стимулювання роботи з охорони праці:

1) Конкретні показники, види і форми стимулювання працівників за активну участь та ініціативні дії під час здійснення заходів з підвищення рівня безпеки і гігієни на робочих місцях визначаються Колективним договором.

2) На підставі аналізу стану охорони праці і виробничого травматизму щомісячно проводиться оцінка діяльності виробничих структурних підрозділів:

- оцінка діяльності працівників робітничих професій проводиться на підставі аналізу виконання ними вимог відповідних інструкцій з охорони праці;

- оцінка діяльності керівників виробничих дільниць проводиться на підставі аналізу стану трудової і технологічної дисципліни на робочих місцях підлеглих працівників;

- оцінка діяльності керівників здійснюється з урахуванням виконання ними посадових обов'язків, своєчасності виконання наказів, протокольних рішень, приписів, інших документів, які регулюють питання охорони праці.

Працівники підприємства, які порушують норми безпеки і гігієни праці, крім обов'язкового зниження розміру премії, можуть бути притягнуті до дисциплінарної відповідальності за поданням служби охорони праці.

Контроль (перевірка) стану функціонування СУОП.

1) Внутрішній контроль стану охорони праці проводиться працівниками служби охорони праці та інженерами з охорони праці виробничих структурних підрозділів за тематикою та у строки, передбачені графіком цільових обстежень (перевірок) стану умов, безпеки та охорони праці виробничих структурних підрозділів підприємства.

За результатами перевірок керівникам виробничих структурних підрозділів або їх виробничих дільниць видаються обов'язкові для виконання приписи щодо усунення ризиків.

Начальник служби охорони праці аналізує порушення вимог нормативно-правових актів з охорони праці, виявлені під час перевірок, та щомісячно звітує керівництву підприємства щодо ефективності функціонування СУОП.

2) Оперативний контроль стану умов і безпеки праці здійснюється відповідно до вимог Положення про порядок проведення адміністративно-громадського оперативного контролю за станом охорони праці на підприємстві. У виробничих структурних підрозділах підприємства проводиться триступеневий або чотириступеневий оперативний контроль стану умов і безпеки праці.

Безпечність виробничих будівель і споруд, механізованих засобів виробництва, технологічних процесів та виконання робіт.

1) Безпека виробничих будівель і споруд забезпечується за рахунок:

- відповідності їх конструкцій вимогам державних будівельних норм;
- своєчасності перевірки їх технічного стану та проведення ремонту;
- закріплення будівель, споруд і прилеглих територій за структурними підрозділами з метою їх утримання відповідно до вимог ДБН «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві», ДБН «Метрополітени. Основні положення» та інших нормативних актів і розпорядчих документів підприємства у сфері будівництва.

2) Безпека засобів виробництва забезпечується за рахунок:

- відповідності їх конструкцій вимогам технічних регламентів, правил і норм безпеки;
- своєчасності проведення технічних оглядів, планових ремонтів та ревізій;
- призначення осіб, відповідальних за їх утримання (нагляд), за їх технічний стан та/або за безпечну експлуатацію, а також закріплення їх за ремонтним і обслуговуючим персоналом.

3) Безпека технологічних процесів забезпечується за рахунок:

- впровадження засобів механізації та автоматизації виробництва;
- використання на виробництві нешкідливих речовин і матеріалів;

- оформлення технологічних регламентів відповідно до вимог Порядку відображення вимог безпеки в технологічній документації підприємства.

4) Безпека проведення робіт підвищеної небезпеки виконання робіт, що увійшли до переліку:

- видів робіт, які виконуються на підприємстві, здійснюється згідно з вимогами відповідних нормативно-правових актів з охорони (безпеки) праці.

- основних робіт підвищеної небезпеки, які виконуються за нарядом-допуском на підприємстві, здійснюється згідно з вимогами відповідних нормативно-правових актів з охорони праці та у порядку, визначеному нарядом-допуском (розділ «Заходи безпеки»).

5) Організація безпечного виконання робіт підрядником, перебування на території підприємства сторонніх осіб, роботи відряджених працівників:

- виконання робіт підрядником на підприємстві здійснюється відповідно до державних Загальних вимог стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників та вимог Інструкції про порядок виконання робіт сторонніми організаціями на діючих об'єктах підприємства та в його технічних зонах.

- виконання робіт працівниками, відрядженими до іншого виробничого структурного підрозділу Підприємства, здійснюється відповідно до вимог Порядку взаємодії працівників структурних підрозділів під час виконання робіт на підприємстві.

Належне утримання і безпечна експлуатація електроустановок та систем електропостачання забезпечується:

- їх улаштуванням відповідно до вимог правил і технічних регламентів;

- організацією їх безпечної експлуатації кваліфікованим персоналом;

- своєчасним проведенням профілактичних випробовувань і вимірювань.

Експлуатація і випробування електроустановок, електромереж, технологічного електрообладнання напругою понад 1000 В здійснюються на підставі дозволів, виданих підприємству органами Держпраці.

Опосвідчення електроустановок та систем електропостачання здійснюється відповідно до вимог нормативно-правових актів з електробезпеки та Порядку проведення опосвідчення стану безпеки електроустановок підприємства.

Експлуатація устаткування, яке увійшло до переліку машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки, які експлуатуються на підприємстві, здійснюється відповідно до вимог відповідних нормативно-правових актів з охорони (безпеки) праці.

В метрополітені «А» встановлено чіткий розподіл основних функціональних обов'язків і повноважень у сфері охорони праці на підприємстві (додаток 2 [39]). Координація робіт із забезпечення охорони праці полягає в розробці і здійсненні керівництвом підприємства та структурних підрозділів рішень, спрямованих на узгодження діяльності керівників виробничих і функціональних підрозділів щодо практичної реалізації завдань, які стоять перед СУОП на відповідному рівні управління.

Висновок до розділу 5. В метрополітені «А» функціонування системи управління охороною праці в цілому організовано з дотримання вимог чинних нормативних актів з питань охорони праці та [40]. Система управління охороною праці метрополітену «А» спрямована на забезпечення належного і безперервного управління підприємством; готовність до проведення запобіжних заходів для мінімізації ризиків виникнення нещасних випадків; готовність до негайного реагування та ліквідації небезпечних ситуацій у разі їх настання.

ВИСНОВКИ

Метрополітен є одним з найбільш швидкісних видів міського громадського пасажирського транспорту сучасного мегаполісу. Основним його завданням метрополітену є забезпечення надійності перевезень на лініях, що передбачає запобігання незапланованим перервам руху та відновлення перевезень у разі їх виникнення.

Ринкові умови потребують постійного пошуку сучасних методів удосконалення перевізного процесу.

В багатьох країнах світу проводиться активна робота з розвитку транспорту загального користування, підвищення його комфортності та надійності, зростає зацікавленість у роботі екологічно чистого та безпечного електричного транспорту. У контексті сучасних євроінтеграційних процесів, найбільш важливим для України може бути корисним, з практичної точки зору, застосування досвіду країн Європейського союзу та інших розвинених країн світу, які мають значні досягнення в організації надійної роботи міського електричного транспорту.

Дослідженням експлуатаційної роботи метрополітену «А» визначено недосконалість висвітлення питання класифікації факторів, що впливають на зниження надійності перевізного процесу в частині забезпечення регулярності перевезень у метрополітені та запропоновано класифікацію для аналізу порушень безпеки руху та графіку руху поїздів.

Безвідмовність та відновлюваність в експлуатаційній роботі метрополітену «А» повинні отримувати оцінку через показники, що у сукупності утворюють систему оцінки надійності перевізного процесу.

Застосування автоматизованої системи організації руху поїздів на лінії метрополітену у разі виникнення позаштатних ситуацій, дозволить здійснювати економію електроенергії на тягу поїздів при відновленні руху по плановому

графіком і підвищити безпеку руху за рахунок врахування обмежень на управління в залежності від стану системи. Отримана система може бути використана для оцінки якості управління диспетчером поїзним лінією метрополітену.

Закупівля нових одиниць вагонів надасть можливість оновлення існуючого рухомого складу, технічний знос якого прибігає до 100% зносу та по строкам служби потребує заміни. Запланована заміна рухомого складу вирішить лише частину потреб метрополітену «А». Оскільки майже весь рухомий склад вичерпав встановлений термін служби і морально застарілий, все частіше потребує ремонту та удосконалення. Гостро постає проблема щодо оновлення існуючого рухомого парку, який відповідав би міжнародним стандартам. Спостерігається тенденція збільшення частки рухомих одиниць, що перебувають у несправному стані, при цьому за допомогою власних зусиль підприємства відбуваються ремонти, що збільшують строк експлуатації на незначний період. У зв'язку із економічною неспроможністю своєчасно досягнути цієї мети практично неможливо. Тому залишається модернізувати враховуючи наявний парк вагонів, що фізично не вичерпали строк служби, або удосконалити систему технічного обслуговування та ремонту. Таким чином, система управління рухомого складу метрополітену потребує подальшого удосконалення, а саме у частині періодичності виконання технічних впливів, що забезпечує відповідний рівень надійності та працездатності рухомого складу, й трудомісткості даних технічних оглядів та ремонтів.

Основним з напрямків стратегії метрополітену «А» має бути впровадження технологій у виробничі процеси, зокрема:

- повне задоволення потреб підприємства необхідного парку пасажирських вагонів, їх ремонті та підтримці в технічно справному стані;
- забезпечення відновлення руху поїздів після збоїв на лініях з раціональним використанням рухомого складу та електроенергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бутько Т.В., Малахова О.А, Прохорченко А.В., Пасажирські перевезення (залізничний транспорт) : навч. посіб. Харків : Райдер, 2014. 260 с.
2. Доля В. К. Пасажирські перевезення. Харків : Фор, 2011. 507 с.
3. Волік В.В. Формування та реалізація державної політики в галузі міського транспорту: адміністративно-правові засади : монографія. Дніпропетровськ : Середняк Т. К., 2016. 494с.
4. Бараш Ю.С., Адаман Ю.П. Методичний підхід щодо вибору раціонального варіанту розвитку міських пасажирських перевезень. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2015. Вип. 49. С. 44-53. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vetp_2015_49_9.
5. Фактор людини у розвитку транспортних систем : монографія / В. К. Доля та ін.; за ред. проф. В. К. Доля. Харків : Лідер, 2017. 218 с.
6. Корнійко Я.Р. Сучасний розвиток транспортної системи України. Проблеми підвищення ефективності інфраструктури. Київ : НАУ. 2012. 35с. URL: <http://jrn1.nau.edu.ua/index.php/PPEI/article/viewFile/3092/3046>
7. Кузьменко Д., Гаєвський В., Розсоха О. Ідея підвищення конкурентоспроможності Харківського метрополітену / *Новий Колегіум*. 2018. № 4. С. 11-18. URL: <https://nure.ua/wp-content/uploads/2018/Scientificeditions/4.pdf>
8. Добрава Н.В., Осипова М.М, Нечепуренко М.С., Напрями удосконалення діяльності міського електротранспорту / *Причорноморські економічні студії*. 2017. Вип. 14. С. 58-64.
9. Філіппова О.С. Інтермодальна транспортна система як чинник ефективного функціонування міського пасажирського транспорту. *Містобудування та територіальне планування*. 2013. Вип. 48. С. 470-477. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2013_48_76

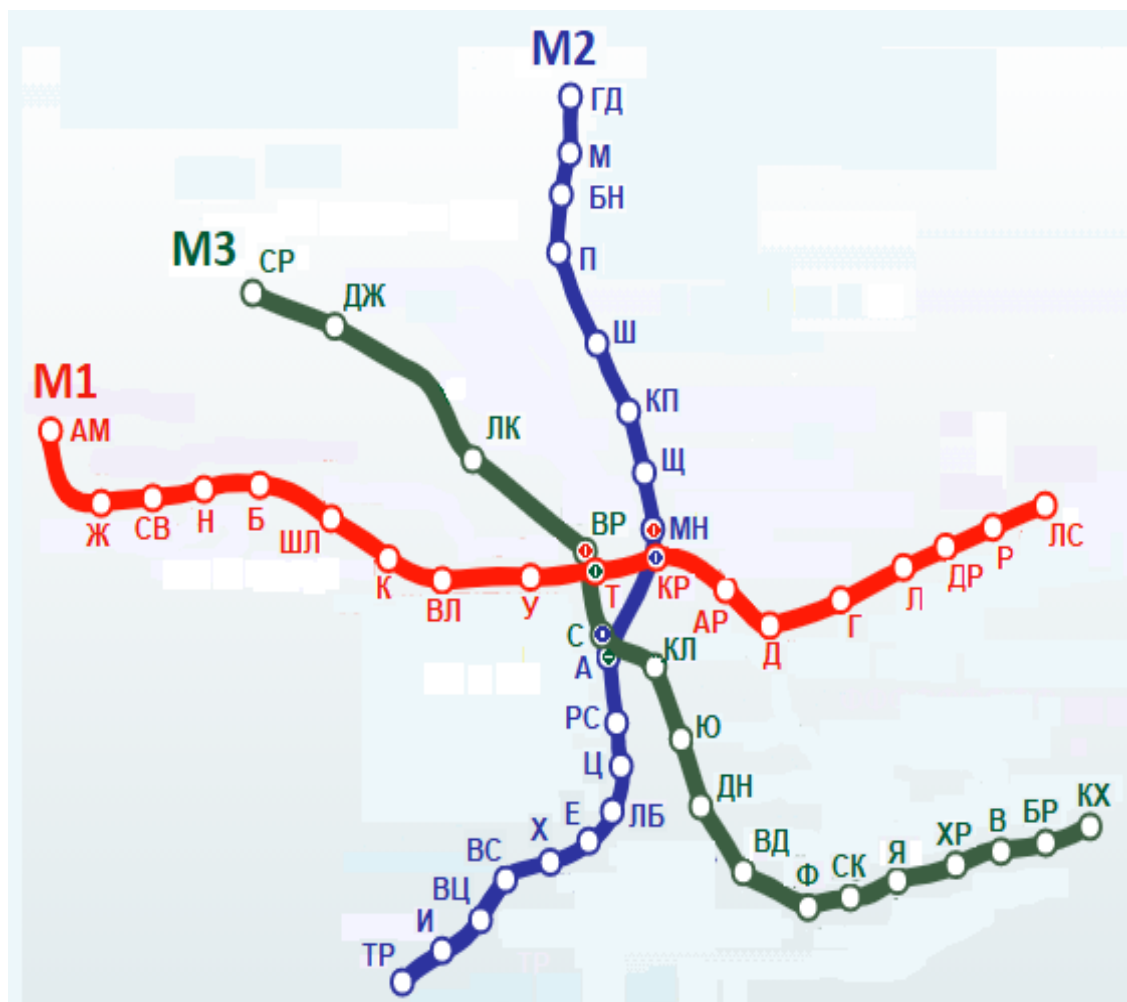
10. Ільчук В.П., Базиліук А.В., Хоменко І.О. Організаційно-економічні засади реформування міського пасажирського транспорту / *Проблеми і перспективи економіки та управління*. 2015. № 1. С. 42-49
11. Литвиненко С.Л., Яновський П.О. Економічно-організаційні аспекти оптимізації роботи підприємств транспорту. Київ : Кондор, 2017. 231с.
12. Водовозов Є.Н. Показники якості обслуговування міським громадським транспортом. *Науково-виробничий журнал «Бізнес-навігатор» - Економіка та управління національним господарством*. 2019. Вип. 4. С. 37-41.
13. Біліченко В.В., Коробов С.С., Лановий Р.С., Свершок А.В. Аналіз чинників, що визначають якість транспортного обслуговування пасажирів у містах. Матеріали конференцій ВТНУ. 2018. Режим доступу до ресурсу: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/22407>
14. Котетков А.А. Московский метрополитен. Аварийность, проблемы, перспективы. Москва : Эдиус, 2020. 157с.
15. Поначугин В.А. Оценка надежности перевозочного процесса городского пассажирского транспорта : монография. Н.Новгород : ННГАСУ, 2012 . 93 с.
16. Хворост М.В., Далека В.Х., Воронов Р.В. Удосконалення системи управління технічним станом рухомого складу метрополітену / *Комунальне господарство міст*. Серія: Технічні та архітектура. 2017. Вип. 139. С. 22-25. Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm_tech_2017_139_6.
17. Метрополітен. Вікіпедія. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/>
18. Київський метрополітен. Офіційний сайт. [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://www.metro.kiev.ua/>
19. Офіційний сайт КП «Харківський метрополітен». [Електронний ресурс] – Режим доступу : <https://www.metro.kharkov.ua/>
20. Дніпровський метрополітен. [Електронний ресурс] – Режим доступу : <https://metro.dp.ua/>

21. Костроминов А.А., Королев М.Ю., Крючкова Т.В. Разработка структур и алгоритмов работы систем автоматического контроля движения поездов метрополитена. *Известия Петербургского университета путей сообщения*. 2015. № 2. С. 61–67.
22. Баранов Л.А. Автоматическое управление движением поездов метрополитена. *Мир транспорта*. Том 16. №3. С. 42–43.
23. Палант О.Ю., Стаматін В.В. Огляд наявних і перспективних систем автоведення поїздів метрополітену. *Проблеми економіки*. 2019. №2 (40). С. 119-125.
24. Палант О.Ю. Логістика транспортного комплексу регіону (перспективи інвестування та інноваційного розвитку) : монографія. Харків : Золоті сторінки. 2014. 168 с.
25. Дивінець О.Л. Стратегічні пріоритети розвитку міських електротранспортних підприємств України. Європейський вектор економічного розвитку. 2015. № 1 (18). С.74-83.
26. Димченко О.В., Круду А.С. Обґрунтування тенденцій розвитку підприємств міського електричного транспорту у контексті євроінтеграційних процесів в Україні. / *Комунальне господарство міст*. Науково-технічний збірник. 2014. №113. С. 3-10.
27. Амоша О.І., Філіппова О.С. Європейський досвід забезпечення ефективного функціонування підприємств міського пасажирського транспорту [Текст] / *Економіка будівництва і міського господарства*. 2010. № 4. С.179-189.
28. Инновации на метрополитене Барселона. *Железные дороги мира*. 2011. №10. С. 24-26.
29. Баранов Л.А., Балакина Е.П. Перспективы использования многофункциональных моделей. / *Мир транспорта*. 2012. №2. С. 70-74.
30. Ерофеев Е.В., Балакина Е.П., Щеглов М.И. Автоматизация оценки вариантов движения поездов на линии метрополитена. / *Наука и техника транспорта*. 2012. №2. С. 37-39.

31. Щеглов М.И. Балакина Е.П. Алгоритм оперативного управления линией метрополитена для восстановления по плановому графику. *Наука и техника транспорта*. 2015. №1. С. 23-25.
32. Ерофеев Е.В., Балакина Е.П. Автоматизированная система организации движения поездов с учетом экономии электроэнергии на линии метрополитена после сбоев/ *Наука и техника транспорта*. 2012. №1. С. 47-50.
33. Хворост М.В., Воронов Р.В. Підвищення ефективності роботи рухомого складу метрополітену. *Технології та інфраструктура транспорту* : тези доп. міжнар.наук.-техн. конф. (м. Харків, 14-16 травня 2018 р.). Харків : УкрДУЗТ, 2018. С.140-141.
34. Семенов А.П. Обеспечение эксплуатационной надежности поездов метрополитена на основе системы сбора, обработки и анализа диагностической информации. *Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиотехника»*. 2014. Том 14. №2. С. 98-104.
35. Фінансова звітність. Київський метрополітен. Офіційний сайт. [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://www.metro.kiev.ua/node/>
36. Програма заходів з питань охорони навколишнього середовища в метрополітені у 2020 році. 2020.19с.
37. Головной вагон метро мод. 81-7080 [Електронний ресурс] – Режим доступу : ua.bizorg.su/vagony-metro-r
38. Артеменко А.В. Підвищення екологічної безпеки процесів експлуатації рухомого складу та депо: дис. канд. тех. наук : 21.06.01 / Харківський національний університет будівництва та архітектури. Харків, 2017. 169 с.
39. Положення про систему управління охороною праці на підприємстві. 2020. 27с.
40. Концепція реформування системи управління охороною праці в Україні. Редакція 23.07.2020. [Електронний ресурс] – Ресурс доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/989-2018>.

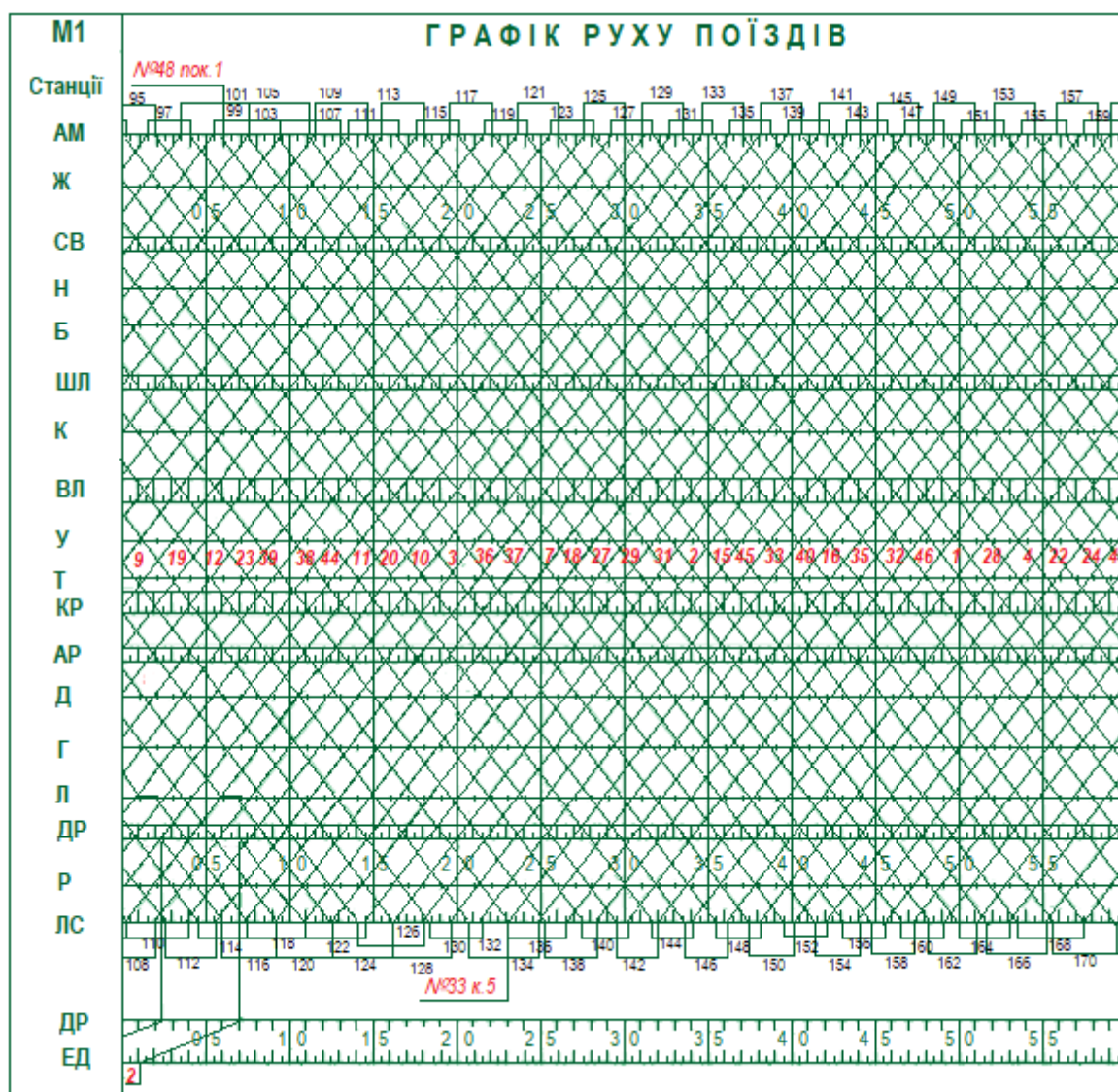
ДОДАТОК А

Схема метрополітену «А»



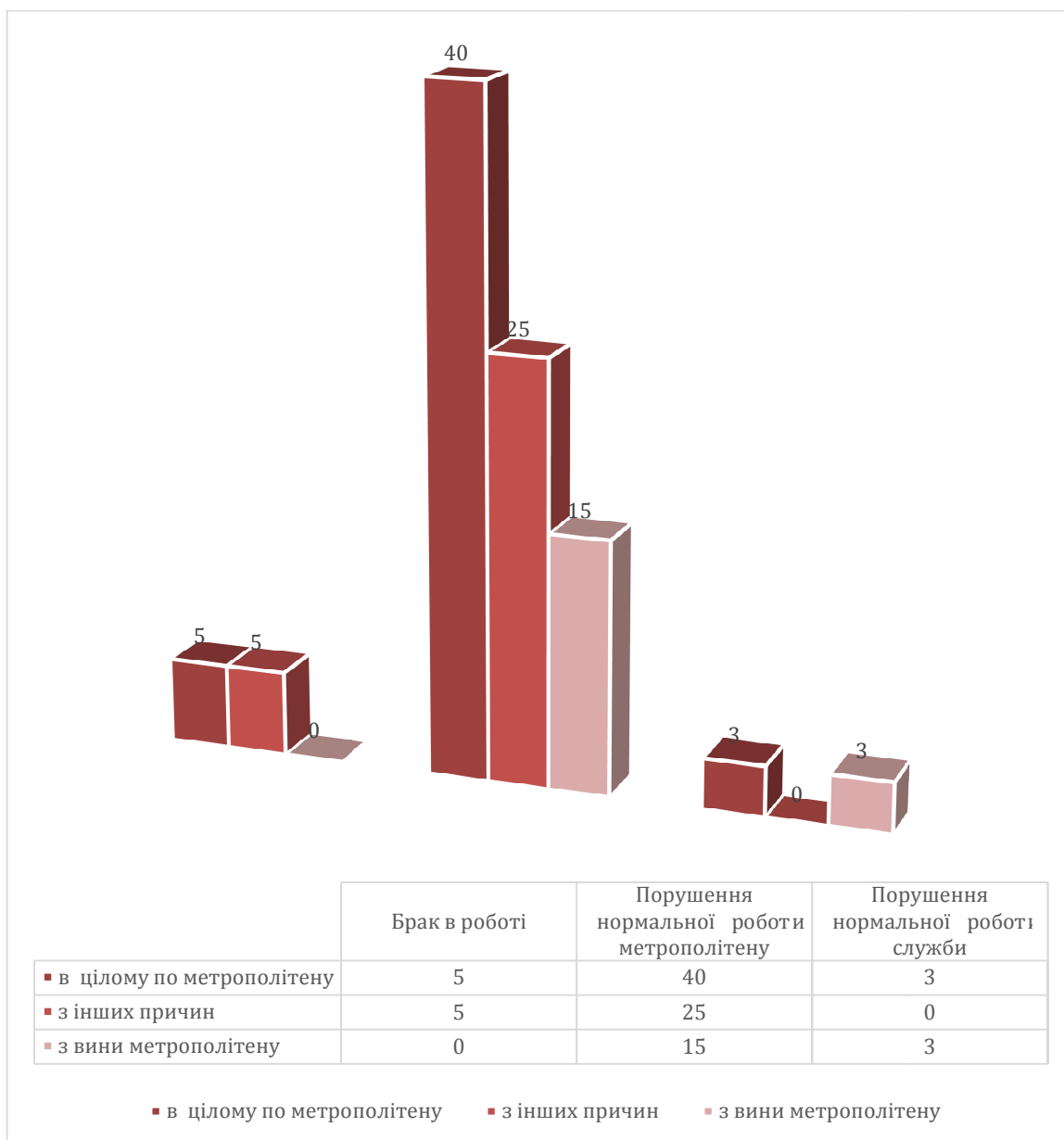
ДОДАТОК Б

Графік руху поїздів метрополітену «А» в годину пік

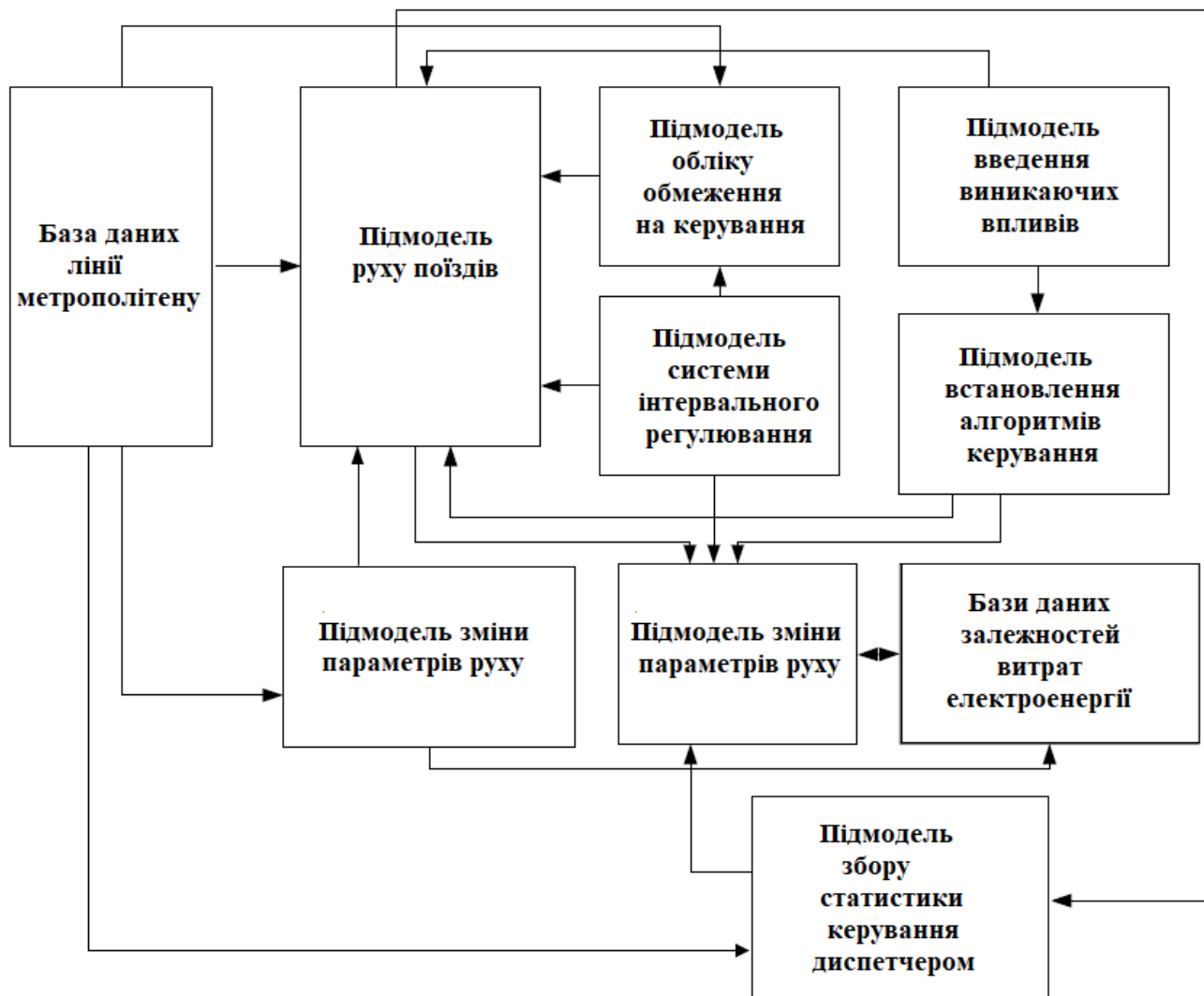


ДОДАТОК В

Аналіз позаштатних ситуацій у 2019 році



ДОДАТОК Г

Пропозиції щодо вдосконалення відновлюваності перевізного процесу у разі виникнення збоїв на лініях метрополітену «А»

ДОДАТОК Д

**Пропозиції щодо підвищення безвідмовності роботи рухомого складу
метрополітену «А»**

