

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до проведення
розрахунково-графічного завдання
з навчальної дисципліни

«БЕЗПЕКА РУХУ ТА ГАЛЬМІВНІ СИСТЕМИ»

*(для студентів денної та заочної форм навчання
та слухачів другої вищої освіти спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка,
освітньої програми «Електромеханіка»)*

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2020**

Методичні рекомендації до проведення розрахунково-графічного завдання з навчальної дисципліни «Безпека руху та гальмівні системи» (для студентів денної та заочної форм навчання та слухачів другої вищої освіти спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка, освітньої програми «Електромеханіка») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Н. І. Кульбашна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 25 с.

Укладач: канд. техн. наук, ст. викл. Н. І. Кульбашна

Рецензент

О. В. Запорожцева, кандидат технічних наук, доцент кафедри організації та безпеки дорожнього руху Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Рекомендовано кафедрою електричного транспорту, протокол № 22 від 04.06.20.

ЗАВДАННЯ

до розрахунково-графічної роботи з дисципліни
«Безпека руху та гальмівні системи»

за темою: «Встановлення причин дорожньо-транспортних пригод на
підставі вивчення дорожньої ситуації»

Вихідні дані

1. Назва перегону _____
2. Вид, тип і маса рухомого складу _____
3. Початкова швидкість гальмування _____
4. Наповнення рухомого складу _____
5. Стан дорожнього покриття (колії) _____
6. Вид перекриття видимості _____
7. Автоматизований пристрій _____

Параметри	Номер варіанта за останньою цифрою залікової книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
V_n , км/год	25	55	50	45	40	35	30	25	45	55
N , пас	120	100	90	140	150	160	110	105	155	130
Стан шляхового покриття	сухий			мокрый				ожеледиця		

Маса тари M_m трамваю – 17,0 тон, тролейбусу – 11,0 тонн (для зчленованого – 15,0 тонн).

Зміст та графік виконання розрахунково-графічного завдання

Номер розділу	Назва розділу	Терміни виконання
1	Визначення факторів дорожнього середовища, що впливають на аварійність	з 1 по 3 тиждень
2	Розрахунок гальмівного і зупиночного шляху рухомого складу аналітичним методом	з 4 по 6 тиждень
3	Встановлення за ситуаційним планом технічної можливості запобігання зіткнення (наїзду)	з 7 по 9 тиждень
4	Розробка пропозиції щодо підвищення безпеки руху на перегоні	з 10 по 12 тиждень
	Оформлення пояснювальної записки та захист роботи	13 тиждень

Завдання прийняв _____ (_____)
(підпис)

Завдання видав _____ (Кульбашна Н. І.)

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1. Визначення факторів дорожнього середовища, що впливають на аварійність.....	5
2. Розрахунок гальмівного і зупиночного шляху рухомого складу аналітичним методом.....	10
3. Встановлення за ситуаційним планом технічної можливості запобігання зіткнення (наїзду).....	15
4. Розробка пропозицій щодо підвищення безпеки руху.....	18
Вимоги до оформлення пояснювальної записки.....	20
Список джерел.....	21
Додаток А. Елементи регулювання дорожнього руху на схемах вуличної мережі.....	22
Додаток Б. Приклад специфікації.....	24

ВСТУП

Розробка заходів, направлених на підвищення безпеки дорожнього руху, базується на ретельному аналізі причин і умов виникнення дорожньо-транспортних пригод (ДТП), прогнозуванні розвитку ситуації, а також визначенні найбільш ефективних напрямів боротьби з аварійністю. Не будучи фахівцем у області аналізу і обробки інформації не завжди просто вибрати той або інший конкретний метод аналізу, який дає змогу найефективніше вирішити завдання щодо обґрунтування заходів щодо попередження ДТП. Очевидно, що ці методи повинні залежати від рівня управлінської ланки, об'єму статистичних даних, змісту завдань, які розв'язуються тим або іншим органом в системі забезпечення безпеки дорожнього руху і низки інших чинників.

Метою розрахунково-графічного завдання є формування у студентів навичок самостійного прийняття рішень щодо проведення початкових завдань експертизи ДТП та розв'язання інженерних задач для розроблення безпечних умов експлуатації трамвая і тролейбуса.

Під час виконання першого розділу розрахунково-графічного завдання виявляються фактори дорожнього середовища, які мають вплив на загальний стан аварійності. Для цього описують усі параметри дорожнього середовища (геометричні характеристики дороги і інфраструктури: взаємне розташування зупиночних пунктів, пішохідних переходів, види і розташування спецчастин контактної мережі, дорожніх знаків і розмітки, світлофорних об'єктів й тощо) та встановлюють відповідність їх нормативним вимогам. На цьому етапі студент здобуває знання і навички для складання завдання для проектування інженерного забезпечення ділянки дороги.

У другому розділі на підставі розрахунків гальмівного і зупиночного шляхів студент отримує уявлення про складники, що впливають на значення цих показників. У третьому розділі вирішуються завдання об'єктивної оцінки умов експлуатації міського електротранспорту на перегоні, складають план-схеми, які використовують під час проведення експертизи ДТП. У четвертому розділі студент здобуває навички професійної діяльності інженера з безпеки руху, самостійно обґрунтовує і розробляє інженерні рішення зі зниження рівня аварійності.

1 ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ ДОРОЖНЬОГО СЕРЕДОВИЩА, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА АВАРІЙНІСТЬ

Визначення обставин дорожньо-транспортної пригоди та проведення заходів щодо підвищення безпеки руху потребує аналізу існуючих умов руху. Для цього треба розглянути планувальні та інженерні особливості на перегоні маршруту трамвая або тролейбуса.

Для цього студенту потрібно, згідно із завданням, обрати будь-який перегін на транспортній мережі свого міста та скласти його схему. Її складають, не додержуючися масштабу, але витримуючи відповідні пропорції. На рисунку 1 представлені схеми перегонів тролейбусного та трамвайного маршрутів. Для

розробки однієї з таких схем бажано придержуватися певного алгоритму та обов'язково наносити усі елементи інженерного забезпечення за вимогами нормативних документів [1, 2] (додаток А).

На початку роботи визначають кількість смуг руху (одна смуга руху становить 3,5...3,75 м) та місця розташування перехресть. Починають проводити лінію краю проїзної частини з одного боку так, щоб початок перегону (перший зупиночний пункт) був з низу та проходив зліва на право до другого зупиночного пункту. Далі відступають від проведеного контуру перегону відстань, що становить ширину дороги, яка враховуючи кількість смуг руху, і накреслюють контур «верхнього» боку перегону. Позначають назву зупиночних пунктів.

Першими розташовують транспортні світлофори, які слугують для керування регульованих перехресть, причому спочатку наносять головні світлофори. Їх встановлюють з правого боку від краю дороги. Сигнали таких світлофорів можуть перекривати габаритними транспортними засобами першої смуги. Тому встановлюють світлофори-дублери, які розташовують на іншому боці дороги або над дорогою за допомогою «розтяжки», або посередині дороги на острівці безпеки [3, 9].

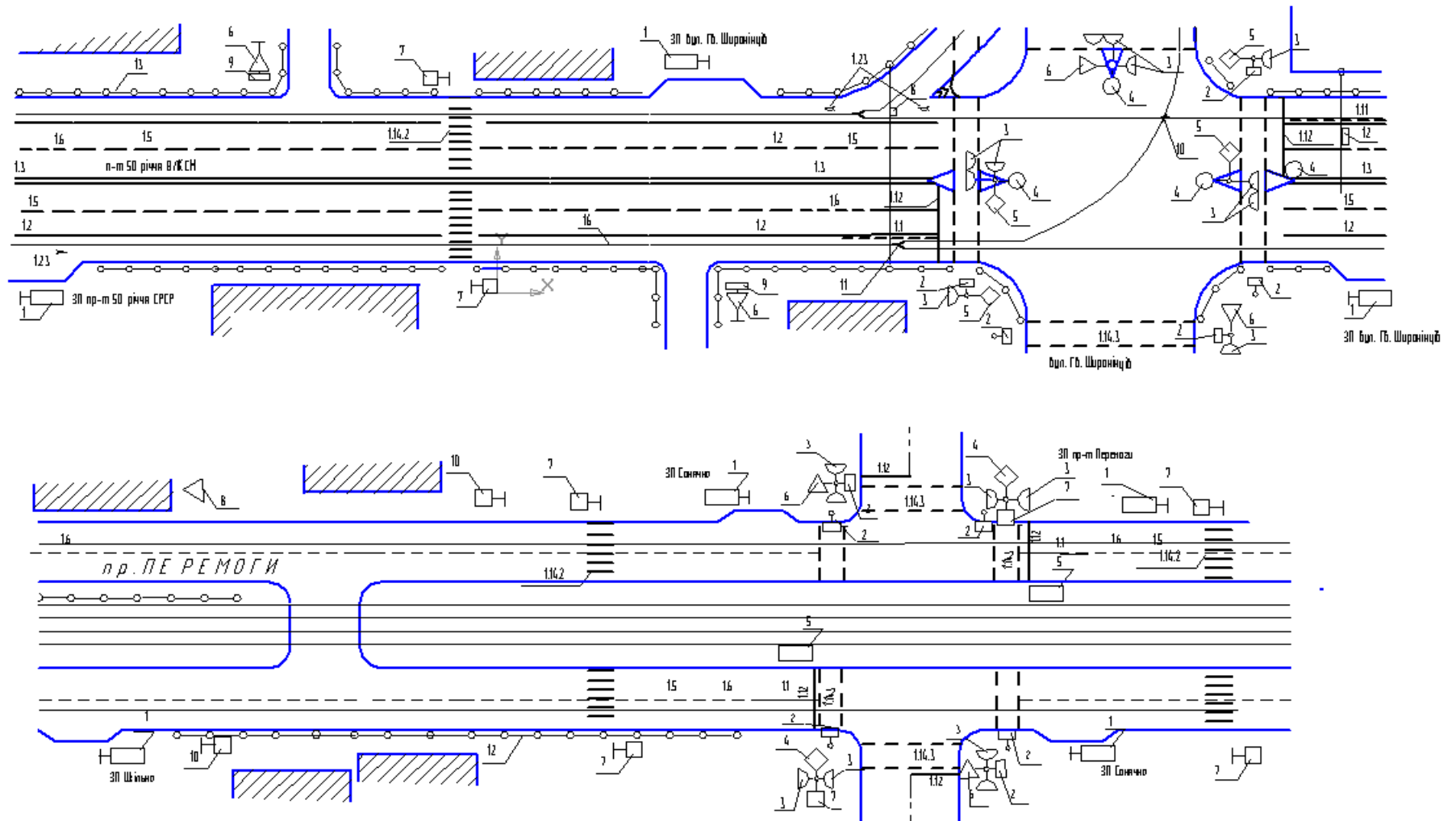
Далі наносять *дорожні знаки*: пріоритету 2.3 «Головна дорога» і 2.1 «Уступіть дорогу», які розташовують безпосередньо перед перехрестям і сповіщають водіїв про першочерговість проїзду. У разі змінювання напрямку головної дороги передбачається застосування знака 2.3 з табличками 7.3.1, 7.3.2. Безпосередньо за перехрестям встановлюють знаки, що інформують про напрямок руху по смугах (5.16 – 5.19). Також на підходах до перехрестя встановлюють наказові знаки (4.1 – 4.10). Знаки, що забороняють рух (3.1, 3.21, 3.29, 3.34, 3.35), встановлюють безпосередньо перед ділянками доріг, на яких змінюється порядок руху та вводяться обмеження.

Далі визначають зони наземного руху пішоходів дорожніми знаками 5.35.1, 5.35.2 «Пішохідний перехід», та відокремленого руху пішоходів: 5.36.1, 5.36.2 «Підземний пішохідний перехід», 5.37.1, 5.37.2 «Наземний пішохідний перехід». Позначають зони зупиночних пунктів маршрутного транспорту: трамваю – знаком 5.42.1, тролейбусу – 5.43.1 [3].

Особливу увагу приділяють розстановці маршрутних знаків для руху трамваїв і тролейбусів. Знаки 1.1 і 1.2 «Автоматична стрілка» встановлюють перед місцем розташування автоматичних повітряних стрілок. Знак 4 «Зона розвороту тролейбуса» встановлюють перед ділянкою, де влаштовано розворот тролейбусу. Знаки 7.1 і 7.2 «Обмеження максимальної швидкості на кривій» застосовують для заборони руху електротранспорту з більшою швидкістю, ніж зазначено на знаках. Наприкінці ділянки обмеження максимальної швидкості розташовуються знаки 9.1 і 9.2 [4, 5]. Для виділення відособленої смуги руху тролейбуса застосовують знак 5.11.

Після розміщення перелічених вище знаків розміщують інші знаки (стоянка, заборона обгону, діти на дорозі й тощо).

Примітка. Усі знаки, світлофори та інші елементи інженерного забезпечення позначають позицією з порядковим номером та заносять до специфікації (додаток Б).



7

Рисунок 1 – Приклад схем перегонів з відповідними елементами інженерно-технічного забезпечення

Переходять до нанесення *дорожньої горизонтальної розмітки*, до того ж номер розмітки позначається на схемі (див. рис. 1) безпосередньо над лінією без позначки позиції. Позначають стоп-лінії по головній дорозі розміткою 1.12, по другорядній дорозі – 1.13 та пішохідні переходи: регульовані обмежуються лініями розмітки 1.14.2, нерегульовані – 1.14.1, 1.14.3. На широких проїзних частинах (дві-три смуги у кожному напрямку) облаштовують острівці безпеки для пішоходів, які не встигають виконати перехід під час дозволеного сигналу світлофора. «Сповіщають» про наближення до острівця штрихова лінія 1.16.1. Для позначення розлиття або злиття потоків (наприклад, перед перехрестям з круговим рухом) використовують розмітки 1.16.2 і 1.16.3 відповідно [3].

Розподіляють потоки різних напрямків у разі двох- або трьох смугового руху в кожному напрямку подвійною суцільною лінією 1.3. Потоки одного напрямку поділяють переривчастою лінією 1.5. Через заборону перестроювання в зоні перехрестя з однієї смуги до іншої потоки одного напрямку розділяють суцільною лінією розмітки 1.1, яку забороняється перетинати. Довжина цієї лінії у такому випадку має становити 20 метрів. Отже розмітка 1.1 плавно переходить до в лінію 1.5 за допомогою переривчастої лінії 1.6 з меншими штрихами [3].

Так само на регульованих перехрестях поділяють потоки на другорядних дорогах з однією смугою руху в кожному напрямку. Тоді розмітка 1.1 перед стоп-лінією поділяє потоки різного напрямку, а попереджає про наближення до неї розмітка 1.6.

Також розмітку 1.1 застосовують: на заокругленнях вулиць, наприкінці підйому або на початку спуску для заборони виконання маневрів через обмеження видимості та виокремлюють нею смугу руху для маршрутного транспорту. В разі необхідності перетину тролейбусом лінії 1.1 наносять розмітку 1.11, яка дозволяє маневр тільки з одного боку.

Для позначення смуги руху маршрутного транспорту застосовують розмітку 1.24. Розмітка у виді стрілок 1.18 указує дозволені в зоні перехрестя напрямки руху смугами.

Розмітка має бути погоджена з розміщенням спецчастин контактної мережі тролейбуса: повітряні стрілки розташовуються не ближче ніж за 20 метрів до суцільної лінії 1.1 поділу транспортних потоків. Повітряні перетинання, протишерстні та пошерстні стрілки не мають розташовуватися над острівцями безпеки і над пішохідними переходами.

Складання схему перегону передбачає ознайомлення з *вимогами щодо проектування трамвайно-тролейбусних ліній* [7]. Для руху тролейбуса має бути забезпечена ширина проїзної частини в одному напрямі – 7 м. Кромки проїзної частини на перехрестях мають бути заокруглені і мати радіус не менше 15 метрів. Трамвайний шлях на відокремленому полотні становить за шириною 9 метрів, в одному рівні – 6 метрів та має радіуси поворотів 50 метрів або в стислих умовах – 30 метрів.

Зупиночні пункти розташовують поблизу перетинань для зручності пересадки пасажирів. На підставі вимог безпеки зупиночні пункти тролейбуса розміщують за перехрестями на відстані 20 метрів (допускається розміщення до

перехрестя, але не ближче ніж за 100 м). Зупиночні пункти трамвая розміщують до перехрестя, або пішохідного переходу. Для зручності пересадки зупиночні пункти розміщують навпроти один одного по обидва боки вулиці. Зона зупиночного пункту тролейбуса облаштовують «кишенею» глибиною 3,5...4 метри для того, щоб зупинений для посадки-висадки тролейбус не заважав руху іншим транспортним засобам. Не обов'язково створення «кишені», якщо дорога має три і більше смуги руху або виділена окрема смуга для тролейбуса. Довжина «кишені», як і усього зупиночного пункту, залежить від типу маршрутних транспортних засобів і їхньої кількості, що одночасно можуть здійснювати висадку і посадку пасажирів. Тобто довжина посадкового майданчика може становити 20...45 м [6, 8].

Для запобігання виходу пішоходів на проїзну частину в невстановленому місці влаштовують пішохідні огороження довжиною не менше 50 м. Їх розташовують на тротуарі на відстані 0,3 м від краю дороги або в середині розподільної смуги руху. Обов'язково мають бути обладнані тротуари для руху пішоходів. Їх організують по обидва боки проїжджої частини, вони можуть прилягати до лінії забудови або відокремлюватися від неї смугою із зеленими насадженнями. Ширину тротуарів і пішохідних доріжок установлюють у залежності від категорії і призначення вулиці (для житлових районів – 2,25 м). Ширину зелених зон не нормують і визначають залишком вільного місця [8, 10].

Проїзна частина і дорожні знаки в темний час доби мають стаціонарну систему освітлення. Схеми розташування світильників визначають шириною вулиці. Якщо вона становить 14 м і більше ефективним вважається розташування їх з обох боків у шаховому порядку або прямокутному розташуванні. У залежності від потужності світильників і висоти їхньої установки відстань між освітлювальними опорами знаходиться в межах 30...45 м. Освітлювальні опори висотою 11 м розташовують на відстані не менше 0,6 м від краю проїзної частини. На заокругленнях і з'їздах опори розташовують не ближче 1,5 м від початку кривої. З метою економії опори для світильників й підвісу контактної мережі трамвая і тролейбуса суміщають – з цією метою застосовують опори висотою 9 м.

Після складення схеми перегону необхідно *проаналізувати умови руху*: вказати ширину дороги та кількість смуг руху, розташування острівців безпеки і розподільних смуг руху, відстань до забудови, наявність регульованих й нерегульованих перехресть, особливості роботи світлофорного регулювання, розташування зупиночних пунктів, об'єктів тяжіння пішоходів, зворотних кіл, спецчастин контактної мережі, оцінити стан дорожнього покриття, існування або відсутність дорожньої розмітки, профіль у плані, вплив стоячих автомобілів та перехід пішоходів в невстановлених місцях, охарактеризувати стан освітлення в темний час доби й тощо. Зробити відповідні висновки щодо умов руху та виявити загрозливі для безпеки фактори.

2 РОЗРАХУНОК ГАЛЬМІВНОГО І ЗУПИНОЧНОГО ШЛЯХУ РУХОМОГО СКЛАДУ АНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ

Визначення довжини як зупиночного шляху так і гальмівного є важливим завданням для експертизи ДТП. Під час розрахунку значення зупиночного шляху треба враховувати декілька характеристик, що визначають стан рухомого складу, дорожнього середовища, водія. Для цього довжину зупиночного шляху поділяють на фази, кожна з яких визначає шлях, пройдений протягом часу [11]:

- 1) реакції водія;
- 2) реакції гальмівної системи рухомого складу;
- 3) зростання величини уповільнення;
- 4) остаточної зупинки рухомого складу.

Протягом *першої фази* рухомий склад продовжує рух і швидкість не змінюється, тому що водій ще тільки оцінює ситуацію, приймає рішення і починає виконувати відповідні дії, щоб натиснути на гальмівну педаль. Тривалість цієї фази залежить від індивідуальних особливостей водія, його досвіду, професіоналізму, знання психологічних особливостей поведінки учасників руху, можливості передбачити їх подальші дії і стану очікування небезпечної ситуації. Якщо водій очікує небезпеку, час реакції знаходиться в межах 0,2...2,0 с, якщо не очікує – 1,5...6 с – наприклад, у разі руху міжміською магістраллю, коли водій знаходиться в ненапруженому стані. Якщо не має відповідних відомостей про водія, приймають t_p рівним 1,0...1,5 с [11, 12].

Досліджуючи механізм ДТП, встановлюють шлях, який пройшов рухомий склад протягом часу реакції водія з незмінною швидкістю за формулою:

$$S_1 = \frac{V_{II} \cdot t_p}{3,6}, \quad (1)$$

де V_{II} – швидкість початку гальмування, км/год;

t_p – час реакції водія, с.

Примітка. Для розрахунку треба обґрунтувати значення часу реакції водія, виходячи з того, що обраний перегін знаходиться у периферійному районі міста і водій працює в ненапруженому стані, або навпаки – це центральна частина міста і водій очікує аварійну ситуацію.

Протягом другої фази, яка залежить від тривалості реакції гальмівної системи рухомий склад ще не починає гальмування і швидкість не зменшується. Час реакції рухомого складу відраховується з моменту передачі зусилля від гальмової педалі, яку натискає водій. Це супроводжується відключенням контакторів тягового режиму й включенням контакторів гальмівного режиму. Наприклад, у тролейбусі відбувається наростання струму в гальмівному контурі, проходить хвиля стисненого повітря від гальмового циліндра на гальмівні колодки.

Час реакції гальмівної системи залежить від типу і технічного стану рухомого складу. Для гальмівної системи міського електричного транспорту цей

час становить 0,5 с [6]. Отже, враховуючи, що швидкість під час другої фази не змінюється, шлях буде визначатися формулою:

$$S_2 = \frac{V_{II} \cdot t_{PO}}{3,6}, \quad (2)$$

де t_{po} – час реакції рухомого складу, с.

Третя фаза зупиночного шляху характеризується зростанням величини уповільнення, тобто величини, яка показує зменшення швидкості в одиницю часу. Гальмівна сила при цьому теж підвищується від нуля до розрахункового значення.

У третю фазу головним завданням є визначення розрахункового значення уповільнення $v_{роз}$ під час екстреного гальмування, яке розраховується за формулою [13]:

$$v_{роз} = \frac{B + \omega_0 + \omega_i}{102 G(1 + \gamma)}, \quad (3)$$

де B – гальмівна сила, Н;

ω_0 – основний опір руху;

ω_i – опір руху, що залежить від ухилу дороги;

G – вага рухомого складу, Н;

$(1 + \gamma)$ – коефіцієнт інерції обертових частин.

Для визначення ваги рухомого складу треба знати загальну масу рухомого складу, яка складається з маси тари вагону m_T і маси пасажирів $m_{п.}$. Отже вагу рухомого складу буде визначають за формулою:

$$G = (m_T + m_{п.})g, \quad (4)$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с².

Вагу маси пасажирів розраховують виходячи з кількості пасажирів і маси одного пасажиря (70 кг) : $m_n = 0,070 \cdot N_{нас.}$

Крім цього, у розрахунку потрібно враховувати інерцію обертових частин. Коефіцієнт інерції обертових частин $(1 + \gamma)$ приймають: для тролейбусу і моторних вагонів 1,10...1,15, для причіпних – 1,04...1,05.

Гальмівну силу розраховують на підставі значення питомої діючої гальмової сили b , тобто сили, що віднесена до одного кілоньютона ваги рухомого складу. Ця сила виникає у разі дії механічного або електричного гальм, а також їхній спільній дії. Значення гальмівної сили визначають за формулою:

$$B = G \cdot b, \quad (5)$$

де b – значення питомої гальмівної сили, Н/кН.

Для механічних барабанних гальм питому гальмівну силу визначають за формулою:

$$b = 1000 \cdot \theta \cdot \varphi_{\kappa}, \quad (6)$$

де φ_k – коефіцієнт тертя між поверхнею гальмівного барабана (накладкою) і колодкою;

θ – гальмівний коефіцієнт рухомого складу.

Коефіцієнт φ_k залежить від матеріалу тертьових поверхонь, швидкості тертьової поверхні, а отже, швидкості руху й сили натискання K_n на гальмівну колодку. На значення φ_k впливає також форма гальмівної колодки, стан тертьових поверхонь (влучення між тертьовими поверхнями мастильних речовин, води, бруду) і температура.

Значення φ_k визначають на підставі дослідних даних. З урахуванням проведених випробувань запропонована наступна формула для визначення коефіцієнта тертя барабанних гальм з азбестовими накладками на ебонітовій і бакелітовій основі:

$$\varphi_k = \frac{0,25}{1 + 0,02V}, \quad (7)$$

де V – швидкість руху під час гальмування, км/год.

На трамвайних вагонах у разі екстреного гальмування використовують рейкові електромагнітні гальма. На підставі дослідних даних виведена отримана формула розрахунку коефіцієнта тертя для башмаків електромагнітних рейкових гальм:

$$\varphi_{mp} = \frac{0,18}{1 + 0,02V}. \quad (8)$$

Для розрахунку питомої гальмівної сили також використовують формулу (6), тільки з заміною параметру φ_k на φ_{mp} .

У формулі (6) також врахований гальмівний коефіцієнт рухомого складу θ , який представляє собою відносне значення сумарної наведеної до обох гальмівних коліс сили натискання гальмівних колодок $\sum K_n$, що припадає на 1 кН ваги рухомого складу, тобто $\theta = \frac{\sum K_n}{G}$. Відношення найбільшого

сумарного натискання гальмівних колодок $\sum K_{n_{max}}$ до сили натискання гальмівних коліс на рейки (або полотно дороги) G називають коефіцієнтом натискання δ гальмівних колодок.

За умови, що всі колеса рухомого складу гальмівні й, отже, гальмівна вага G дорівнює загальній вазі рухомого складу, найбільший гальмівний коефіцієнт буде дорівнювати коефіцієнту натискання: $\theta_{max} = \delta$. Тому для екстреного гальмування варто обрати саме таке значення гальмівного коефіцієнта. У разі робочого гальмування відповідний коефіцієнт становить $\theta = (0,6 \dots 0,7) \theta_{max}$.

Величину коефіцієнта натискання вибирають так, щоб одержати за можливістю найбільшу гальмівну силу і, в той же час, не допустити заклинювання коліс. Найбільша небезпека заклинювання коліс під час гальмування виникає у разі незначних швидкостей руху, тому що коефіцієнт зчеплення менше залежить від швидкості руху, ніж коефіцієнт тертя колодок.

У розрахунках приймають такі значення коефіцієнта натискання δ в залежності від гальмівної ваги G_T порожнього рухомого складу:

- для вагонів трамвая при барабанних і дискових гальмах $\delta = 0,7 \dots 0,9$;
- для тролейбусів $\delta = 1,5 \dots 2$;
- для трамвайних вагонів з рейковим електромагнітним гальмом $\delta = 2$.

З урахуванням того, що $\theta_{\max} = \delta$, вираз для визначення найбільшого сумарного натискання гальмівних колодок буде визначатися, як $\sum K_{\max} = G \cdot \delta$.

Для запобігання юза під час використання барабанного гальма має виконуватися умова [13]:

$$B = 1000 \rho_k \sum K_n \leq 1000 G \psi, \quad (9)$$

де ψ – коефіцієнт зчеплення;

G – гальмівна вага рухомого складу, Н.

Коефіцієнт зчеплення змінюється в широких межах залежно від умов роботи рухомого складу, наприклад, від швидкості руху та стану дороги (рейок) (рис. 2).

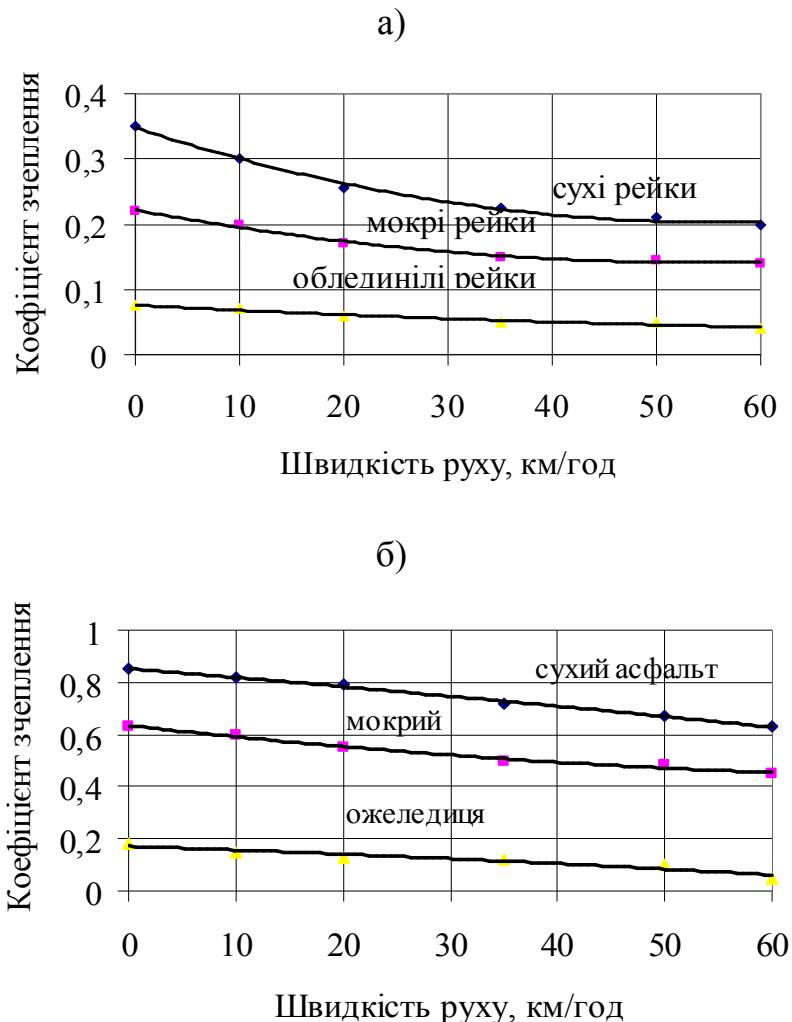


Рисунок 2 – Залежність коефіцієнта зчеплення від швидкості за різних станів: а) рейок; б) дороги

Для розрахунку опору руху ω_0 , який залежить від швидкості руху, використовують такі вирази [13]:

- для трамвая – $\omega_0 = 9 + 0,005 \cdot V^2$;
- для тролейбуса – $\omega_0 = 16 + 0,004 \cdot V^2$. (10)

Для обліку профілю треба розуміти, що підйом сприяє гальмуванню, тоді величина ω_0 має знак «+», а у випадку спуску «-».

Треба також розуміти, що уповільнення на початку гальмування виникає не миттєво, а наростає від 0 до максимально можливого, яке може реалізувати рухомий склад, протягом часу зростання уповільнення t_{3y} . Величина цього часу залежить від типу привода (гідравлічний, пневматичний), конструкції гальмівних механізмів (дискові, барабанні), зусилля, які прикладаються до гальмівної педалі, стану дорожнього покриття. Його значення коливається в межах 0,05...2,0 с. В середньому час зростання уповільнення становить для електричного транспорту 0,3 с.

Отже під час третьої фази рухомий склад починає гальмування. Його швидкість руху зменшується, тому рух є рівноуповільненим. Максимальне значення уповільнення для трамвая і тролейбуса знаходиться в межах 2,0...2,5 м/с². Тому після розрахунку $v_{роз}$ за формулою (3) треба перевірити отримане значення на відповідність. Далі для розрахунків приймають середнє значення розрахованого уповільнення $v_{роз}$. Виходячи з цього визначення гальмівного шляху, пройденого протягом зростання уповільнення, визначають за формулою [11]:

$$S_3 = \frac{V_{\Pi} \cdot t_{3y}}{3,6} + \frac{v_{роз} \cdot t_{3y}^2}{4}, \quad (11)$$

де t_{3y} – час наростання уповільнення, с;

$v_{роз}$ – розрахункове значення уповільнення, м/с².

Протягом четвертої фази, вважається, що рухомий склад знижує швидкість до 0 і рухається з максимально можливим сталим уповільненням. Поняття «стале уповільнення» для руху в реальних умовах гальмування не є достатньо правильним. Це пов'язане з тим, що в процесі гальмування змінюються зусилля на педалі гальма, коефіцієнт тертя фрикційних пар (як результат змінювання температури й швидкості тертьових поверхонь), коефіцієнт зчеплення (як результат зміни властивостей покриття, а також швидкості руху, ковзання й температури між поверхнею руху і колесом). У зв'язку із цим змінюване значення заміняють середнім і умовно називають сталим.

Шлях, пройдений за час четвертої фази, визначають виходячи з наступних міркувань. За період третьої фази рухомий склад знижує швидкість до деякого значення V . Тоді значення швидкості ΔV , необхідне для того, щоб

швидкість знизилася до 0, визначиться за формулою: $\Delta V = V_{\Pi} - V = \frac{v_{роз}}{2} t_{3y}$,

звідси $V = V_{II} - \frac{v_{роз}}{2} t_{зУ}$. З огляду на те, що $V^2 = 2v_{роз}S$, одержуємо шлях пройдений за період четвертої фази за формулою:

$$S_4 = \frac{\left(\frac{V_{II}}{3,6} - \frac{v_{роз}}{2} t_{зУ} \right)^2}{2v_{роз}}. \quad (12)$$

Склавши всі значення S_i , одержимо значення зупиночного шляху:

$$S_{зуп} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4. \quad (13)$$

3 ВСТАНОВЛЕННЯ ЗА СИТУАЦІЙНИМ ПЛАНОМ ТЕХНІЧНОЇ МОЖЛИВОСТІ ЗАПОБІГАННЯ ЗІТКНЕННЯ (НАЇЗДУ)

Головним завданням експертизи ДТП є вирішення питання про технічну можливість в момент виникнення небезпеки (перешкоди) для руху шляхом гальмування зупинити транспортний засіб. Зазначене питання вирішують шляхом порівняння відстані, на якій знаходився транспортний засіб від місця наїзду або зіткнення, із шляхом, необхідним для його зупинки [11].

Вирішенням цього питання займаються експерти. Використовуючи схему ДТП та відповідні розрахунки вони відтворюють нову схему, на якій розташовані учасники ДТП в момент відкриття взаємної видимості. Приклади такої нової план-схеми зображені на рисунках 3 і 4.

Загальним принципом автотехнічної експертизи ДТП є побудова трикутника видимості. Трикутник видимості – це прямокутний трикутник, два боки якого (катети) складають відстань від учасників руху до точки можливого зіткнення (наїзду). Третій бік (гіпотенуза) – відстань від учасників руху по прямій в момент відкриття взаємної видимості, яка становить значення довжини видимості.

Далі визначають, що є факторами перекриття видимості. На міських магістралях перекриттям видимості пішоходів є опори, дерева та нерухомі транспортні засоби. Розглянемо випадок перекриття видимості деревами (рис. 3).

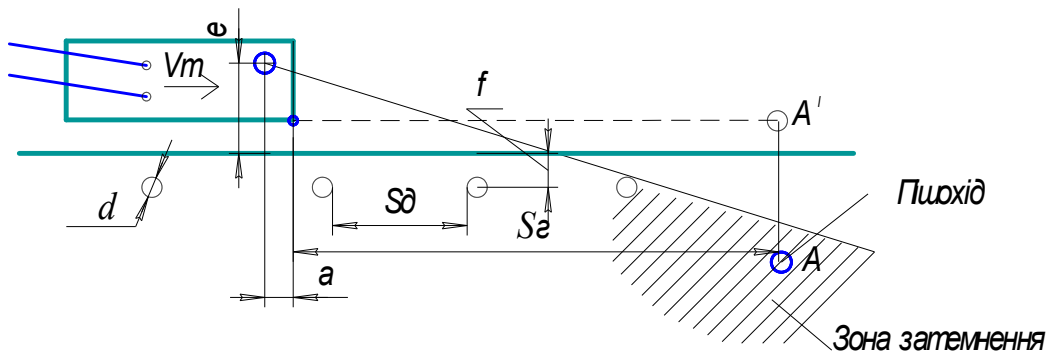


Рисунок 3 – Схема перекриття видимості деревами

У випадку, що зображений на рисунку 3, відстань видимості до пішохода розраховують за формулою:

$$L_{\text{вид}} = \frac{S_d(e+f)}{d}, \quad (14)$$

де f – відстань від дерева до краю проїжджої частини, $e = 1$ м;

S_d – відстань між деревами, м;

d – діаметр дерева, $d = 0,2$ м;

e – відстань від очей водія до краю проїжджої частини, $e = 2,5 \dots 3,1$ м.

Причиною перекриття видимості на перехресті, що призводить до зіткнення трамваю або тролейбусу з іншими транспортними засобами, є будівлі, паркани та споруди. На рисунку 4 показана схема перекриття видимості іншого транспортного засобу будівлею. Таку схему складають в масштабі, а відстань видимості визначають графічно.

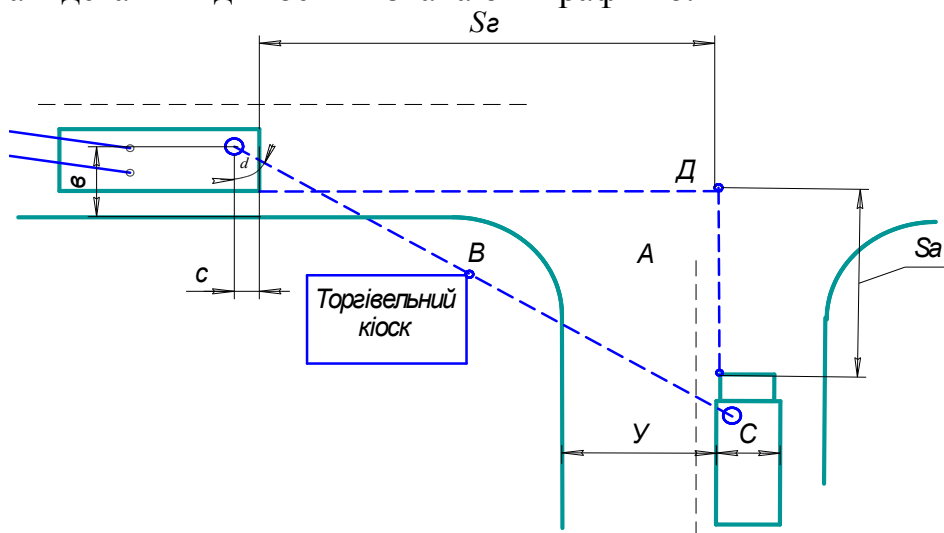


Рисунок 4 – Схема перекриття видимості на перехресті

Визначення відстані видимості є підставою вирішення питання про її забезпечення. Видимість вважається забезпеченою в тому разі, якщо вона є не більшою ніж гіпотенуза трикутника видимості, катетами якого є гальмівні шляхи транспортних засобів.

Твердження про забезпечення видимості на перехресті отримують таким способом. Зображують на аркуші у масштабі частину плану перехрестя, а саме зону двох примикаючих доріг. Наносять на план цих доріг за допомогою

розмітки крайню праву смугу для тролейбуса (для трамвая це не потрібно – використовують габарити колії), а для транспортного засобу іншої дороги – крайню ліву стосовно осьової розмітки. Позиціонують на цих смугах габарити тролейбуса, а з іншого боку, наприклад, габарити автомобіля, і проводять через правий бік тролейбуса і лівий бік автомобіля лінії до перетину. Перетин цих ліній є точкою ймовірного зіткнення (точка Д). Через об’єкт перекриття видимості (наприклад, будівлю в точці С) проводять лінію, яка є гіпотенузою трикутника видимості. Гіпотенузу бажано проводити як бісектрису кута будівлі. Отже отримують трикутник видимості. Заміряють довжину зупиночного шляху тролейбусу і порівнюють її з розрахованою за формулою (13). Якщо розрахункове значення гальмівного шляху менше того, який виміряли графічно за рисунком 4, то можна стверджувати, що видимість забезпечена. Якщо умова не виконується, тоді роблять висновок, що видимість не забезпечена.

Можна визначити забезпечення видимості іншим способом. Знаходимо точку ймовірного зіткнення Д і відкладаємо від неї зупиночні шляхи тролейбусу та автомобіля. З’єднуємо отримані точки і через них проводимо гіпотенузу. Якщо гіпотенуза перекидає (проходить зверху) будівлі, видимість не забезпечена.

Зупиночний шлях автомобіля, що виїжджає з примикаючої дороги, визначають за формулою:

$$S_a = \frac{V_{II} \cdot t_p}{3,6} + \frac{V_{II}^2 \cdot K_e}{254(\psi \pm i)}, \quad (15)$$

де t_p – час реакції водія, с;

V_{II} – швидкість початку гальмування (визначається самостійно як середня для транспортного потоку), км/год;

K_e – коефіцієнт ефективності гальмування (для рухомого складу приймаємо 1,2...1,4);

ψ – коефіцієнт зчеплення;

i – ухил, ‰.

Відстань видимості використовують під час проведення експертизи ДТП з метою встановлення допустимої швидкості руху. Для цього використовують таку формулу [11]:

$$V_d = 3,6 \cdot v \cdot T \left(\sqrt{\frac{2 \cdot L_B}{v \cdot T^2} + 1} - 1 \right), \quad (16)$$

де v – уповільнення під час гальмування, м/с² ;

L_B – видимість дороги, м;

T – час, необхідний для приведення гальмівної системи в дію – він складається з часу реакції водія, часу спрацювання гальмівних пристроїв, часу зростання уповільнення під час гальмування та визначається за формулою:

$$T = t_p + t_{po} + 0,5 t_{3y}. \quad (17)$$

Після виконання розрахунків і графічного методу визначення видимості потрібно зробити висновок про забезпечення видимості та відповідність швидкості умовам руху.

4 РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ

На підставі складеного плану перегону та аналізу умов руху на ньому роблять висновок про дорожню обстановку. Аналізують фактори дорожнього середовища, що значно впливають на погіршення безпеки і розробляють заходи щодо зниження аварійності, використовуючи загальні методи, а саме запропоновують:

- усунення істотних недоліків планування вулиць: розширення проїзної частини, пом'якшення подовжнього профілю проїзної частини, збільшення радіуса кривих у плані, поліпшення умов видимості на перехрестях і кривих за рахунок зносу будинків, споруджень і зелених насаджень, реконструкції мостів, шляхопроводів;

- встановлення дорожніх знаків, нанесення розмітки;

- зниження складності перехресть шляхом спорудження їх у різних рівнях;

- введення світлофорного регулювання на нерегульованих перехрестях;

- іншу схему роз'їзду транспортних засобів на перехресті з перерахунком світлофорного циклу;

- перенесення зупиночного пункту, його скасування або переобладнання;

- рознесення зупиночних пунктів з метою зниження конфліктності з автоперевізниками;

- спорудження позавуличних переходів у місцях масових пішохідних потоків;

- перенесення трамвайної колії на відокремлене полотно;

- відокремлення проїзної частини від тротуарів шляхом посадки зелених насаджень або улаштування металевих огорожень;

- обладнання наземних пішохідних переходів острівцями безпеки;

- спорудження безпечних посадкових платформ з огороженням їх металевими чи залізобетонними бар'єрами;

- реконструкція транспортних площ шляхом зміни конфігурації, влаштування розділових і направляючих «острівців»;

- застосування розділових смуг на широких проїзних частинах;

- виділення окремої смуги руху (створення окремої дороги руху) для тролейбусів і автобусів;

- переведення вулиці на одnobічний рух;

- переведення частини транспортного потоку (з урахуванням складу) на рух іншими вулицями.

Примітка. Завдання розділу полягає в тому, щоб застосовуючи вище наведені загальні методи зниження аварійності, розробити конкретні заходи. А саме треба вказати безпосереднє місце їх впровадження на перегоні: назва

вулиці, перехрестя, розташований поруч супермаркет, вихід метро, номер житлового будинку, напрямок руху тощо.

Далі запропонують активні засоби регулювання безпекою руху, які належать до автоматизованих. На свій розсуд для подальшої розробки обирають певний пристрій [14]:

- автоматизована система керування освітленням на перегоні;
- організація активного пріоритетного руху маршрутного транспорту;
- система автоматизованого керування стрілочними перекладами або стрілками;
- пристрій для визначення стану гальмівної системи;
- система координованого керування світлофорною сигналізацією на перегоні;
- засіб підвищення якості роботи світлофорного об'єкту на перехресті;
- пристрій для контролю і регулювання швидкістю рухомого складу.

За обраним пристроєм виконують короткий опис його головних функціональних блоків, складають схему поєднання функціональних блоків. Загальний вид такої схеми представлений на рисунку 5.



Рисунок 5 – Приклад схеми поєднання функціональних блоків пристрою _____

До назви рисунку 5 додають пояснення який це пристрій, описують призначення кожного функціонального блоку. Потрібно обрати вид датчика, пояснити як відбувається зчитування інформації та її перетворення, як обробляється сигнал, за допомогою якої лінії зв'язку передається інформація до виконавчих механізмів, центрального пункту керування й тощо [15]. Далі описують принцип дії запропонованого пристрою (системи) та надають рекомендації щодо впровадження запропонованої техніки.

Вимоги до оформлення пояснювальної записки

Пояснювальну записку виконують на аркушах формату А4 з додержуванням поля: лівого – 25 мм, правого – 10 мм, нижнього і верхнього – 15...20 мм без оформлення рамок. Назву розділів позиціонують по центру, відступають до тексту один пробіл. Номер сторінки проставляють у правому верхньому куті сторінки.

Пояснювальна записка має містити: титульний аркуш, завдання; вступ; 1, 2, 3, 4 розділи з рисунками; висновки, список використаних джерел.

Рисунки виконують на міліметровому папері формату А4 у кількості двох аркушів.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 8752:2017. Безпека дорожнього руху. Проект організації дорожнього руху. Правила розроблення, побудови, оформлення. Вимоги до змісту. – Чинний від 2019–01–01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 26 с.
2. ДСТУ Б А.2.4-2:2009. Умовні позначки і графічні зображення елементів генеральних планів та споруд транспорту. – Чинний від 2010–01–01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 28 с.
3. Правила дорожнього руху : затв. постановою Кабінету Міністрів України 10.10.2001 № 1306 із змінами та доповненнями : чинний з 13.05.2020. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. – 68 с.
4. Безпека руху на міському електротранспорті. Довідник законодавчих та нормативних документів : [у 3 кн.] / [В. В. Вірченко, В. Х. Далека, Е. І. Карпушин, В. А. Менжерес] ; Харків. держ. акад. міськ. госп-ва. – Харків: ХДАМГ, 2002. – 225 с. – кн. 1 : Управління безпекою руху.
5. ДСТУ 3308–96. Знаки маршрутні для міського електротранспорту. Технічні умови та правила застосування. – Чинний від 1996–02–27. – Київ : НДКТІ МГ, 1996. – 30 с.
6. Правила експлуатації трамвая та тролейбуса: затв. наказом Міністерства інфраструктури України 03.02.2020 : чинний з 17.04.2020. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: – <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0353-20>.
7. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень : ДБН 360-92**. Є перевиданням ДБН 360-92* у врахуванням змін № 4 - № 10 з дозволу Держбуду України : – чинний з 19.03.2002. (лист № 1/52-170). – Київ : Держбуд України, 2002. – 75 с.
8. Правила розміщення та обладнання зупинок міського електро- та автомобільного транспорту : затв. наказом Державного комітету України по житлово-комунальному господарству : чинний з 15.05.95. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: – <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0160-95>.
9. Системологія на транспорті : [підручник у 5 кн.] / за заг. ред. Ф. М. Дмитриченка / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля та ін. – Київ : Знання України, 2005. – 447 с. – кн. IV: Організація дорожнього руху.
10. Доля В. К. Пасажирські перевезення : підручник / В. К. Доля. – Харків : Видавництво «Форт», 2011. – 504 с.
11. Гюлев Н. У. Особливості ергономіки та психофізіології в діяльності водія: навч. Посібник / Н. У. Гюлев. – Харків. : ХНАМГ, 2012. – 185 с.
12. Автотранспортна експертиза : підручник / В. К. Доля, Ю. О. Давідіч, А. І. Лозовий та ін. – Харків : ХНАМГ, 2011. – 422 с.
13. Пушков П. М. Основи електричної тяги : навч. посібник / П. М. Пушков, В. П. Андрейченко. – Харків : ХНАМГ, 2006. – 150 с.
14. Воробьев Е. А. Датчики-преобразователи информации : учебное пособие / Е. А. Воробьев. – СПб. : ГУАП, 2001. – 43 с.
15. Капский Д. В. Автоматизированные системы управления дорожным движением : учеб. пособие / Д. В. Капский, Е. Н. Кот, Д. В. Рожанский. – Минск : Новое знание ООО, 2015. – 368 с.

ДОДАТОК А


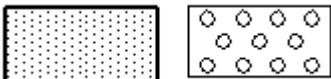

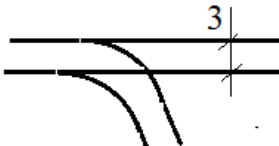
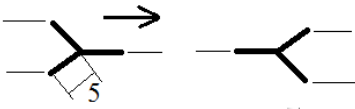

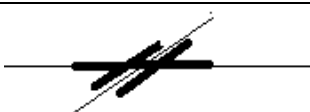


Елементи регулювання дорожнього руху на схемах вуличної мережі

Таблиця А.1 – Умовні позначення деяких технічних засобів та елементів регулювання дорожнього руху [1]

Назва технічного засобу та його елементів	Графічне позначення з довідковими розмірами, мм
Світлофор транспортний Додаткові секції світлофора з зазначенням напрямку руху	
Світлофор пішохідний	
Світлофор трамвайний	
Дорожні знаки: Попереджувальні та пріоритету	
Пріоритету, заборонні, наказові	
Пріоритету, інформаційно-вказівні, таблички	
Дорожні знаки керовані	
Пішохідні огороження	
Дорожній контролер і координатор	
Шафа розподільча комутаційна	
Детектор транспорту інфрачервоний (ультрозвуковий)	
Детектор транспорту індуктивний (прохідний або присутності) та індуктивна рамка	

Продовження додатку А

Таблиця А.2 – Умовні позначення елементів інженерного облаштування зон міських доріг [2]

Назва елементів	Графічне позначення з довідковими розмірами, мм
Будівля	
Газон, зелені насадження	
Вхід до підземної станції метрополітену	
Трамвайний шлях зі стрілочним переключом	
Контактна мережа трамвая і тролейбуса	
Стрілка пошерстна і протишерстна	
Трамвайне перетинання контактної мережі	
Трамвайно-тролейбусне перетинання	
Тролейбусне перетинання	
Дерева листвяні	

ДОДАТОК Б
Приклад специфікації

<i>Поз. Познач.</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кіл.</i>					
1	<i>Знак дорожній 5.43</i>	4					
2	<i>Світлофор пішохіднийий</i>	5					
3	<i>Світлофор транспортний</i>	4					
4	<i>Знак дорожній 4.7</i>	2					
5	<i>Знак дорожній 2.3</i>	5					
6	<i>Знак дорожній 2.1</i>	1					
7	<i>Знак дорожній 5.35.1</i>	5					
8	<i>Знак дорожній 5.35.2</i>	2					
9	<i>Знак дорожній 7.3.1</i>	5					
10	<i>Тролейбусне перетинання</i>	3					
11	<i>Протишерстна троллейбусна стрілка</i>	3					
12	<i>Пошерстна троллейбусна стрілка</i>	3					
13	<i>Огорожа пішохідна</i>						
14	<i>Контактна мережа</i>						
				РГЗ 141 ЕЕЕ 15			
				Схема перегону проспект Ландау - проспект Ювілейний			
зм.	лист	№ докум.	підпис	дата	літ.	масо	масштаб
					Д		
					Лист 1		Листів 1
н. контр.					ХНУМГ ім. О. М. Бекетова кафедра ЕТ		
Затв.							

Рисунок Б.1 – Приклад специфікації

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до проведення
розрахунково-графічного завдання
з навчальної дисципліни

«БЕЗПЕКА РУХУ ТА ГАЛЬМІВНІ СИСТЕМИ»

*(для студентів денної та заочної форм навчання
та слухачів другої вищої освіти спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка,
освітньої програми «Електромеханіка»)*

Укладач **КУЛЬБАШНА** Надія Іванівна

Відповідальний за випуск *М. Ф. Смирний*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *Є. Г. Панова*

План 2020 , поз.137 М

Підп. до друку 26.06.2020. Формат 60 × 84/16.

Друк на різнографі. Ум. друк. арк. 1,5.

Тираж 50 пр. Зам. № .

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: rektorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК 5328 від 11.04.2017.