

ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКІСНОГО РЕЖИМУ РУХУ МІСЬКИХ АВТОБУСІВ

© Нємий С. В., 2016

Досліджено особливості швидкісного режиму руху автобусів на міських маршрутах. Отримано статистичні дані щодо тривалості штатних зупинок для виходу-входу пасажирів, часу простою перед світлофорами та ймовірності їх проїзду без зупинення. Досліджено швидкісний режим руху міського автобуса у результаті чого встановлено відносну тривалість його фаз – розгону, сталого руху, сповільнення до повного зупинення та простою під час зупинок.

Ключові слова: режим руху автобусів, тривалість зупинок на маршруті, питома кількість зупинок на маршруті, ймовірність проїзду під час світлофорного регулювання, цикли руху автобусів.

Were researched the features of speed mode traffic on city bus routes. Obtain statistics on the length of the staff stops to exit-entrance passengers downtime before the traffic lights and the likelihood of their passage without stopping. were Researched speed mode city bus traffic resulting set relative duration of its phases - acceleration, steady motion, slowing to a complete stop and idle at stops.

Key words: mode of buses, duration of stops on the route, the specific number of stops on the route, the probability map at traffic lights adjustable cycles of buses.

Постановка проблеми. Одним із основних напрямків удосконалення конструкцій автомобільних транспортних засобів (АТЗ) є роботи з мінімізації їх енергоспоживання. У зв'язку з цим, в останні роки ведуться активні дослідження та впроваджуються конструктивні рішення, спрямовані на мінімізацію витрат енергії двигунів, зокрема, шляхом вимикання циліндрів за неповного навантаження АТЗ, припинення роботи двигунів на неробочому ходу під час короткочасних зупинок у процесі руху. Останнє є особливо важливим в русі автобусів на міських маршрутах, на яких є часті зупинки для виходу і входу пасажирів, та зупинки, спричинені засобами регулювання руху, транспортними заторами тощо. Однак використання системи зупинення роботи двигунів під час короткочасних стоянок – т. зв. система “стоп-старт” – створює низку проблем, зокрема збільшення частоти вмикання стартерів, що ускладнює забезпечення довговічності двигуна і надійності системи електростартерного пуску, зростання вартості системи управління двигуном та ускладнення її конструкції. Через це важливе значення мають дослідження, за результатами яких можна оцінити доцільність застосування системи “стоп-старт”. Критерієм доцільності є, безперечно, економія пального по відношенню до початкової вартості системи “стоп-старт”, витрат на її технічне обслуговування та ресурс двигуна і системи його електростартерного пуску. Одним із аспектів виконання вказаного завдання є статистичні дослідження чисельності і тривалості зупинок автобусів в русі на міських маршрутах. Крім того, результати вказаних досліджень будуть статистичною базою для попереднього оцінювання часових показників руху під час організації міських автобусних маршрутів.

Аналіз відомих досліджень та публікацій. У [1, 2] наведено результати статистичних досліджень швидкісного режиму двигунів автобусів у характерних умовах експлуатації. Експериментально визначено відносну тривалість роботи двигунів автобусів на неробочому ходу.

У [3] запропоновано схему процесу імітації функціонування зупинкового пункту сумісної ділянки руху автобусів різних маршрутів, а також алгоритм імітаційної моделі закономірності зміни часу очікування пасажирів автобусів на сумісній ділянці руху маршрутів залежно від їхньої кількості.

У [4] розглянуто складові транспортної затримки на перехрестях із двома смугами руху. Проаналізовано чинники, що впливають на значення цих складових. Наведено формули для визначення дійсної сумарної транспортної затримки, затримки черги багатьох автомобілів на перехресті.

У монографії [5] наведено результати досліджень, які опосередковано відображають процес зупинки автомобілів у процесі руху за статистичними даними по кількості рушань з місця та вмикання зчеплення на 1 км пробігу.

Однак в усіх згаданих публікаціях відсутні статистичні дані щодо тривалості зупинок автомобілів і автобусів у процесі руху на маршрутах.

Постановка завдання. Метою роботи є дослідження швидкісного режиму міських автобусів у процесі руху на маршрутах, зокрема тривалості їх зупинок.

Основний матеріал. Знаючи пробіг автобуса, тривалість його зупинок можна визначити за питомою кількістю зупинок на 1 км пробігу. Питома кількість зупинок на 1 км пробігу є особливо великою під час експлуатації рейсових міських автобусів. Крім зупинок автобуса, спричинених засобами регулювання руху (світлофори, залізничні переїзди, виїзд на головну дорогу тощо) та транспортними заторами, автобуси здійснюють велику кількість службових зупинок для виходу і входу пасажирів.

Для визначення статистичного значення питомої кількості зупинок автобусів на 1 км пробігу було проведено відповідне статистичне оцінювання руху автобусів на міських маршрутах у містах Києві, Чернівцях та Черкасах і районних центрах області. Вказані дослідження проводились на основі даних місцевих підприємств пасажирського автотранспорту.

Питома кількість службових зупинок n_z та регульованих перехресть і залізничних переїздів n_p , що припадають на 1 км пробігу, визначалася за допомогою ділення їх кількості на протяжність маршрутів. Результати дослідження наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Кількість зупинок та регульованих перехресть на міських маршрутах на 1 км пробігу

Місто	Кількість маршрутів	Кількість зупинок, n	Кількість регульованих перехресть і залізничних переїздів, n_p
Київ	83	1,64	0,531
Чернівці	20	1,60	0,265
Черкаси	21	1,97	0,624
Районні центри Черкаської області	33	1,61	0,143
Середнє значення	157	1,68	0,44

Загалом питому кількість зупинок автомобіля на 1 км пробігу пропонується визначати за формулою

$$n = n_z + n_p(1 - p) + n_{nn} + n_{mz}, \quad (1)$$

де n_z – кількість штатних зупинок АТЗ на 1 км пробігу; n_p – кількість регульованих перехресть на 1 км пробігу; p – ймовірність проїзду регульованих перехресть без зупинок; n_{nn} – ймовірнісна величина, що визначає кількість зупинок автомобіля на нерегульованих пішохідних переходах на 1 км пробігу; n_{mz} – ймовірнісна величина, що визначає кількість зупинок автомобіля через транспортні затори на 1 км пробігу.

Для визначення ймовірності проїзду регульованих перехресть без зупинення і тривалості зупинки під час очікування дозвільного сигналу світлофора були проведені відповідні

спостереження на міських маршрутах і їх характерних ділянках м. Львова: №, №, 16, 38, 41, 42. Крім того, було досліджено стохастичний набір інших маршрутів (№, №, 4а, 26, 37, 46, 47а, 49, 53) – від 2 до 8 заїздів на кожному. Кожний заїзд вважається вибіркою із низкою відповідних вимірювань тривалості простою під час очікування дозвільного сигналу світлофора. Для кожної вибірки визначався середній час зупинки шляхом ділення сумарного за заїзд часу простою на кількість зупинок.

Ймовірність проїзду світлофора без зупинення на кожному маршруті визначалася за формулою

$$p_i = \frac{\sum n_{ci} - \sum_{i=1}^m n_{csi}}{\sum n_{ci}}, \quad (2)$$

де $\sum n_{ci}$ – загальна кількість світлофорів на досліджуваній ділянці маршруту у всіх вибірках; $\sum_{i=1}^m n_{csi}$ – сумарна кількість зупинок (вимірювань) на досліджуваній ділянці маршруту під час заборонного сигналу світлофора в усіх вибірках; m – кількість вибірок на досліджуваному маршруті.

Значення середнього часу простою за заборонного сигналу світлофора на кожному маршруті для усієї серії вибірок визначалося за формулою

$$\bar{t}_{cci} = \frac{\sum t_{ci}}{\sum_{i=1}^m n_{csi}}, \quad (3)$$

де $\sum t_{ci}$ – сумарна тривалість простою за заборонного сигналу світлофорів на маршруті для усіх його вибірок.

Середньоквадратичне відхилення часу простою за заборонного сигналу світлофора на кожному маршруті для серії вибірок визначалося за формулою

$$s_{ti} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (t_{ci} - \bar{t}_{cci})^2}{m-1}}, \quad (4)$$

де t_{ci} – середня тривалість простою за заборонного сигналу світлофорів на маршруті для окремих його вибірок.

Середній час простою за заборонного сигналу світлофора за усіма вибірками визначався як середнє зважене за формулою

$$\bar{t}_{cc} = \frac{\sum \left(\bar{t}_{cci} \sum_{i=1}^m n_{csi} \right)}{\sum n_{cs}}, \quad (5)$$

де $\sum n_{cs}$ – сумарна кількість вимірювань за усіма вибірками.

Результати вимірювань тривалості простою автобусів за заборонного сигналу світлофорів наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Тривалість простою за заборонного сигналу світлофорів на автобусних маршрутах

№ маршруту	Кількість вибірок, m	Загальна кількість вимірювань n_c	Середній час простою за заборонного сигналу світлофора $\bar{t}_{cc}$, с	Середньоквадратичне відхилення часу простою σ_b , с
16	21	150	16,27	4,33
38	22	182	31,2	12,2
41	44	275	37,05	13,78
42	22	154	26,24	8,1
Стохастичний набір маршрутів	25	115	18,88	7,35
За усіма вибірками	133	876	27,98	–

Аналізуючи дані табл. 2, бачимо велику різницю у показниках середнього часу простою під час заборонного сигналу світлофорів на досліджуваних маршрутах. Це пояснюється тим, що у деяких місцях, через велику інтенсивність транспортних потоків, перед світлофорами скупчуються колони автомобілів та автобусів і їх проїзд місця регулювання стає можливим лише після кількох змін заборонних сигналів світлофора на дозвільний. Такими місцями, наприклад, для маршруту № 38 є регульоване перехрестя вул. Стрийська – вул. Наукова, а для маршруту № 41, крім вказаного перехрестя, ще й перехрестя вул. І. Горбачевського – вул. Генерала Чупринки.

Ймовірність проїзду світлофора без зупинки за усіма вибірками визначалась як середнє зважене за формулою

$$p = \frac{\sum_{i=1}^m (p_i \sum n_{ci})}{\sum n_c}, \quad (6)$$

де $\sum n_c$ – сумарна кількість світлофорів за усіма вибірками.

Результати дослідження ймовірності проїзду автобусами місць із світлофорним регулюванням без зупинки наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Ймовірність проїзду автобусами місць із світлофорним регулюванням без зупинки

№ маршруту	Кількість світлофорів на досліджуваній ділянці маршруту у всіх вибірках $\sum n_{ci}$	Кількість зупинок за заборонного сигналу світлофора у всіх вибірках n_c	Ймовірність проїзду світлофора без зупинки p_i
16	389	150	0,614
38	393	182	0,537
41	603	287	0,524
42	219	126	0,738
Стохастичний набір маршрутів	226	112	0,504
За усіма вибірками	1830	857	0,532

Для визначення тривалості стоянок для виходу і входу пасажирів на штатних автобусних зупинках були проведені аналогічні спостереження на цих самих міських маршрутах і їх характерних ділянках м. Львова. Крім того, були досліджені стохастичні вибірки на інших маршрутах (№, № 4а, 32, 46, 47, 53,). Результати вимірювань тривалості стоянок для виходу і входу пасажирів на штатних автобусних зупинках наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Тривалість простою для виходу і входу пасажирів на штатних автобусних зупинках

№ маршруту	Кількість вибірок, m	Загальна кількість вимірювань n_z	Середній час простою для виходу і входу пасажирів $\bar{t}_z$, с	Середньоквадратичне відхилення часу простою σ_t , с
16	18	442	19,37	3,95
38	8	129	18,35	5,27
41	26	455	18,04	4,3
42	14	172	20,15	5,07
Стохастичний набір маршрутів	22	354	20,0	5,75
За усіма вибірками	88	1552	19,14	–

Аналізуючи дані табл. 3, можна зробити висновок щодо тривалості пасажирообміну на стоянках автобусів із низьким рівнем підлоги. Маршрути № 16 та № 4а і № 53 (із стохастичного набору маршрутів) укомплектовані великими міськими автобусами із низьким рівнем підлоги. Однак середній час простою для виходу і входу пасажирів $\bar{t}_z$ у цих автобусів фактично такий самий, як і у малих автобусів ЕТАЛОН А079. Це переважно пояснюється тим, що значна затримка під час посадки пасажирів створюється через зайнятість водіїв на кожній зупинці отриманням оплати за проїзд від пасажирів.

Для розрахунків за формулою (1) необхідно додатково мати ймовірнісні величини, що визначають кількість зупинок автомобіля на нерегульованих пішохідних переходах n_{mz} та кількість зупинок автомобіля через транспортні затори на 1 км пробігу. Однак вказані дослідження вимагають тривалих статистичних спостережень і можуть містити значні похибки через неадекватність міських маршрутів щодо інтенсивності руху та характеристик вулично-дорожньої мережі. Варто зауважити, що статистичні показники швидкісного режиму на досліджуваному маршруті деколи можуть бути спотворені певними негативними обставинами: проведення термінового ремонту дороги, доржньо-транспортна пригода; порушення живлення електротранспорту, який функціонує на маршруті, рух спецтехніки, спеціальні перевезення; екстремальні погодно-кліматичні умови тощо.

Враховуючи вищенаведене, для отримання статистичних даних швидкісного режиму руху автобусів, зокрема тривалості фази простою, доцільними є їздові випробування автомобіля чи автобуса із осцилографуванням (записом) поточної швидкості руху або фіксація тривалості кожного швидкісного діапазону спеціальними випробувальними приладами. Для цього були проведені відповідні випробування на міських маршрутах м. Львова автобуса середньої пасажиромісткості, за загальної тривалості руху 4 год 27 хв, із осцилографуванням поточної швидкості руху у функції часу (тарованої довжини осцилограми). У процесі досліджень був спеціально зімітований режим руху рейсового автобуса.

На рис. 1, показано складені по вертикалі частини осцилограми зміни швидкості руху автобуса за часом руху під час випробувань на міському маршруті. На цьому графіку цифрами позначений послідовний ряд циклів руху у межах $V_0 \rightarrow V_{i\max} \rightarrow V_0$, де $V_0 = 0$ і $V_{i\max}$ – максимальне значення швидкості руху у цьому його циклі.

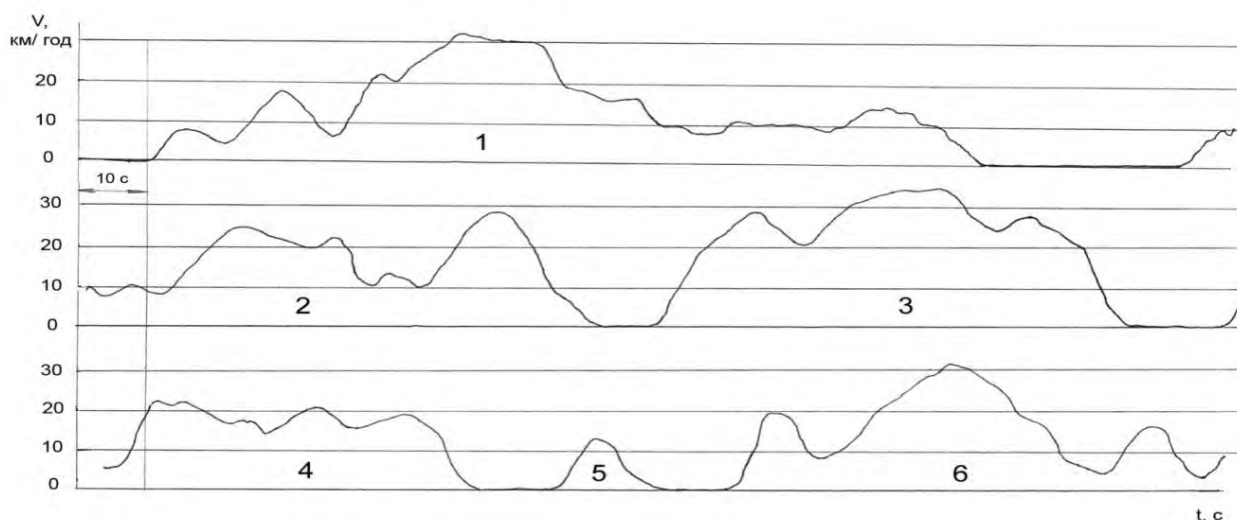


Рис. 1. Фрагмент осцилограми швидкісного режиму руху автобуса

Враховуючи теорію математичної статистики [6], кожен із вказаних циклів руху можна подати як окрему статистичну вибірку неперервної випадкової величини $V(t)$, обмежену зна-

ченнями $V_0 \rightarrow V_{i \max} \rightarrow V_0$, сам маршрут є серією вказаних вибірок, а результати кількох заїздів на маршруті – сукупністю вибірок. При цьому значення $V_{i \max}$ у різних циклах відрізняються своєю величиною, яка залежить від умов руху – щільності транспортного потоку, перешкод руху, впливу засобів регулювання руху, сили опору руху, відстані між службовими зупинками, стану дорожнього покриття, видимості, метеоумов тощо.

Розбивши швидкісний діапазон руху автобуса від нуля до $V_{\max}$ на ряд однакових елементарних інтервалів (рис. 2), відносний час руху із певною швидкістю V_i визначаємо за формулою

$$V_i = \Sigma l_i / L_{oc}, \quad (7)$$

де Σl_i – сумарна довжина відрізків осцилограми у цьому швидкісному діапазоні руху V_i (рис. 2); L_{oc} – загальна довжина осцилограми.

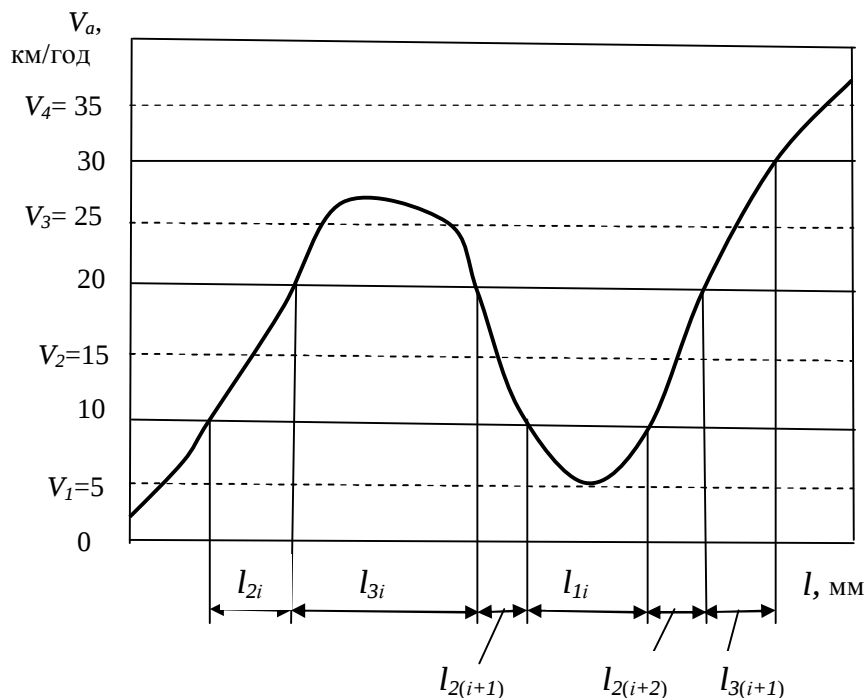


Рис. 2. До визначення статистичного розподілу значень швидкості руху автобуса за осцилограмою

Результати обробки осцилограм швидкісного режиму руху на експериментальних маршрутах наведені у табл. 4.

Статистичну обробку експериментальних даних виконано згідно з [6]. Середні значення статистичних показників руху автобуса на випробувальних маршрутах розраховані як середнє арифметичне відповідних даних на них. Результати розрахунку наведені у табл. 4.

За статистичними даними показників швидкісного режиму руху автобуса на випробувальних маршрутах, наведених у табл. 4, побудовані експериментальні графіки інтегральної функції розподілу швидкості руху $F(V)$ та функції щільності розподілу швидкості руху $f(V)$ (рис. 3).

Середнє значення швидкості руху автобуса розраховане за формулою

$$V_c = \sum_{i=1}^k (V_i \Sigma \Delta t_i), \quad (8)$$

де V_i – середнє значення швидкості у цьому швидкісному діапазоні (перший стовпчик у табл. 4); $\Sigma \Delta t_i$ – відносний час руху у цьому швидкісному діапазоні (останній стовпчик у табл. 4); $k = 6$ – кількість елементарних швидкісних інтервалів.

Значення показників руху автобуса на випробувальних маршрутах

Швидкісний діапазон руху, км/год	Фаза руху						Сумарно із цією швидкістю	
	розгін		сталий рух		гальмування, накат			
	l_i . мм	Δt_{ip}	l_i . мм	Δt_{ic}	l_i . мм	$\Delta t_{i\pi n}$	Σl_i . мм	$\Sigma \Delta t_i$
0 – 10	917	0,0823	458	0,0411	1318	0,1182	2693	0,2417
10 – 20	1027	0,0922	779	0,0699	1256	0,1127	3062	0,2748
20 – 30	898	0,0806	319	0,0286	1039	0,0932	2255	0,2024
30 – 40	706	0,0634	452	0,0406	736	0,0660	1894	0,1700
40 – 50	378	0,0339	255	0,0229	401	0,0360	1034	0,0928
50 – 60 мах (59,87)	89	0,008	27	0,0024	86	0,0078	202	0,0181
Сумарно у цій фазі руху	4016	0,3605	2290	0,2055	4835	0,4340	11141	1,0

За формулою (8) і даними табл. 4 отримаємо:

$$V_c = 5 \cdot 0,2417 + 15 \cdot 0,2748 + 25 \cdot 0,2024 + 35 \cdot 0,17 + 45 \cdot 0,0928 + 55 \cdot 0,0181 = 21,5 \text{ км/год.}$$

Наведені результати досліджень стосуються тільки часу руху автобуса. Процес функціонування автобуса на маршруті, крім тривалості руху, містить і час простою, спричинений умовами руху, засобами регулювання та штатними зупинками. Загальна довжина осцилограми становить 14470 мм, довжина при зупинках – 3329 мм. Звідки відносний час простою $\Delta t_c = 3329/14470 = 0,23$. Отримане відносне значення часу простою добре корелюється із результатами дослідження швидкісного режиму автобусних двигунів [1, 2], де відносний час їх роботи на неробочому ходу становить 0,2 – 0,23.

Розрахунок показників швидкісного режиму руху автобуса із врахуванням часу стоянок наведено у табл. 5, а експериментальні графіки інтегральної функції розподілу швидкості руху $F(V)$ та функції щільності розподілу швидкості руху $f(V)$ – показано на рис. 4.

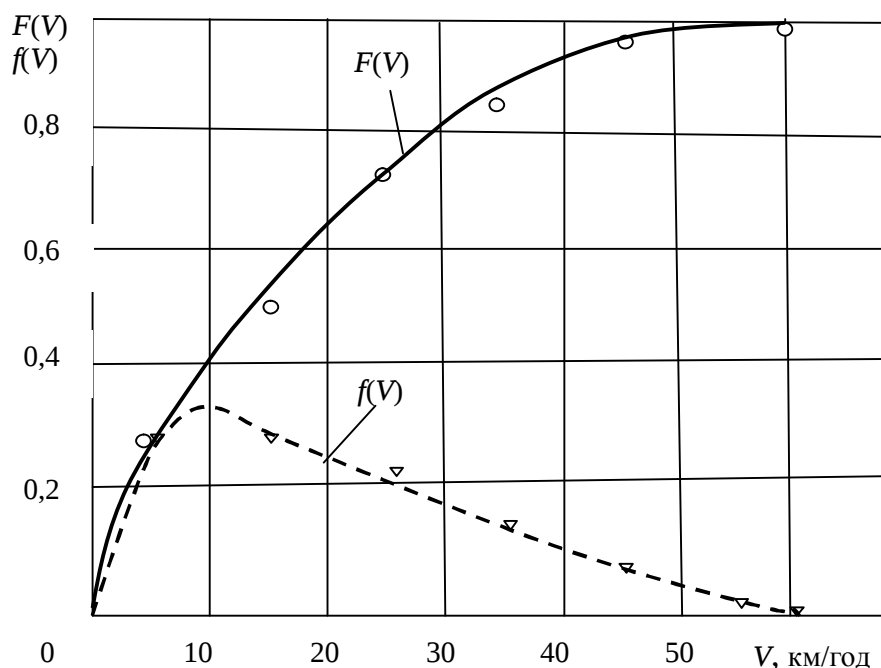


Рис. 3. Інтегральна функція розподілу та функція щільності розподілу швидкості руху автобуса на міському маршруті

Швидкісний режим руху автобуса загалом можна розбити на кілька послідовних циклів із такими складовими фаз руху (циклу): розгін – сталий рух – накат – сповільнення (гальмування) до повного зупинення – стоянка (рис. 5). Вказані фази руху характеризуватимуться їх тривалістю, відповідно, t_p , t_{st} , t_{ac} , t_c . Цілком зрозуміло, що найекономічнішою буде фаза постійного руху, за якої енергія автомобіля витрачатиметься тільки на подолання сумарного опору дороги та аеродинамічного опору. У фазі розгону енергія автомобіля витрачатиметься, крім названих факторів, ще на подолання сили опору розгону автомобіля. У фазі сповільнення, за відсутності засобів рекуперації енергії, запас кінетичної енергії автомобіля поглинатиметься (утилізуватиметься) гальмівною системою та опором руху. За накату запас кінетичної енергії автомобіля буде використаний для руху, однак його тривалість є мізерною порівняно із іншими режимами руху.

Таблиця 5

Значення показників швидкісного режиму руху автобуса на випробувальних маршрутах із врахуванням простою під час зупинок

Швидкісний діапазон руху, км/год	Фаза руху						Сумарно із цією швидкістю	
	розгін		сталий рух		гальмування, накат			
	l_i , мм	Δt_{ip}	l_i , мм	Δt_{ic}	l_i , мм	Δt_{icn}	Σl_i , мм	$\Sigma \Delta t_i$
0	простій під час зупинок						3329	0,23
0 – 10	917	0,0634	458	0,0316	1318	0,0911	2693	0,1861
10 – 20	1027	0,071	779	0,0552	1256	0,0868	3062	0,2116
20 – 30	898	0,0621	319	0,022	1039	0,0718	2255	0,1558
30 – 40	706	0,0488	452	0,0312	736	0,0509	1894	0,1309
40 – 50	378	0,0261	255	0,0176	401	0,0277	1034	0,0715
50 – 60 max (59,87)	89	0,0062	27	0,0019	86	0,0059	202	0,0139
Сумарно у цій фазі руху	4016	0,2775	2290	0,1582	4835	0,3341	14470	1,0

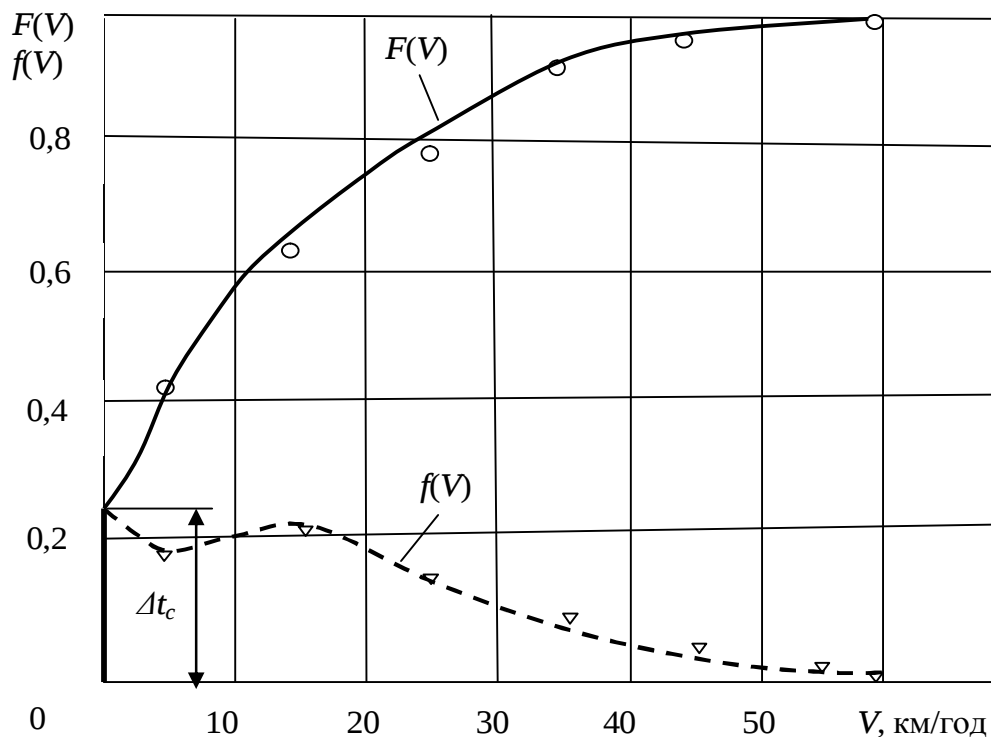


Рис. 4. Інтегральна функція розподілу та функція щільності розподілу швидкісного режиму руху автобуса на міському маршруті із врахуванням часу простою під час зупинок

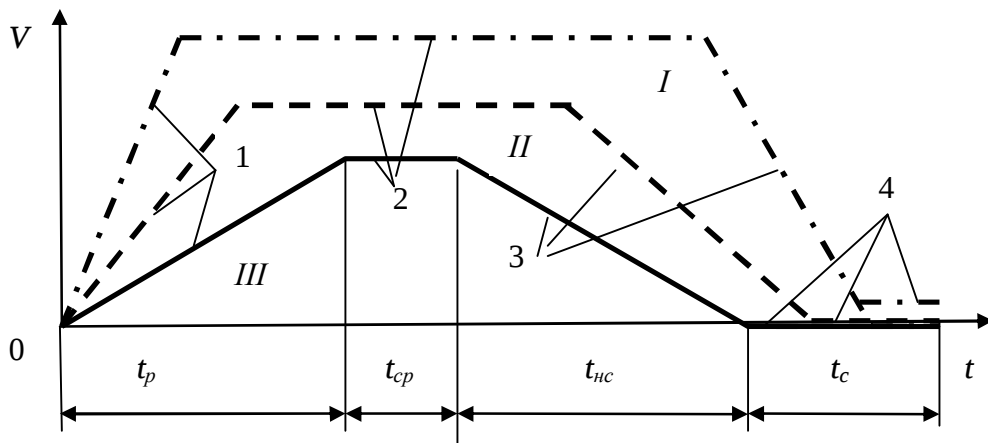


Рис. 5. Відносна тривалість фаз руху за часом в умовах:
 I – міжміський рух; II – приміський рух; III – місто; 1 – розгін; 2 – сталий рух;
 3 – сповільнення до повного зупинення; 4 – стоянка

Співвідношення тривалості вказаних фаз руху автомобіля залежатиме від умов його експлуатації, які можна охарактеризувати так:

1. Міжміський рух поза населеними пунктами по шосе. У цьому випадку найтривалішою фазою руху буде постійний рух, оскільки зведені до мінімуму перешкоди руху, що вимагають частих гальмувань і зупинень та є значними відстанями між зупинковими пунктами для доставки вантажів та входу-виходу пасажирів. Тривалість фаз розгону, гальмування і стоянки тут буде мінімальною.

2. Приміський рух, за якого маршрут частково пролягає у межах міста і по дорогах до найближчих населених пунктів та у їх межах. У цих умовах тривалість фази сталого руху буде значно меншою, порівняно із умовами міжміського руху. Відповідно зросте тривалість фаз розгону, гальмування і стоянки. Це спричинено наявністю перешкод руху, що вимагають гальмувань, та незначними відстанями між зупинковими пунктами.

3. Рух автомобіля в умовах міста. У цьому випадку швидкісний режим руху є найнестабільнішим. Незначні відстані між службовими зупинками (за дослідженнями на 1 км пробігу припадає 1,6...1,97 зупинок (табл. 1), часті зупинки, спричинені засобами регулювання руху і необхідністю екстрених гальмувань через завади руху зводять до мінімуму тривалість фази постійного руху та різкого збільшення тривалості фаз розгону, гальмування та стоянки.

За вказаних досліджень режиму руху на міських маршрутах м. Львова автобуса середньої пасажиромісткості, за результатом обробки осцилограм (рис. 1) відносна тривалість фаз на ідеалізованому графіку руху (рис. 5) становить, %: розгін – 27,75; постійний рух – 15,82; сповільнення до повного зупинення – 33,41; простій під час зупинок – 23,0. Як бачимо, у міських умовах експлуатації тривалість фази постійного руху є найменшою.

Висновки: 1. Обґрунтовано, що під час досліджень швидкісного режиму руху автобусів і автомобілів, найефективнішим методом є їх їздові випробування із осцилографуванням (записом) поточної швидкості руху або фіксацією тривалості кожного швидкісного діапазону спеціальними випробувальними приладами.

2. Отримано статистичні дані щодо тривалості штатних зупинок для виходу-входу пасажирів, часу простою перед світлофорами та ймовірності їх проїзду без зупинки.

3. Проведено дослідження швидкісного режиму руху міського автобуса, у результаті чого встановлено, що відносна тривалість його фаз становить, %: розгін – 27,75; постійний рух – 15,82; сповільнення до повного зупинення – 33,41; простій під час зупинок – 23,0.

4. Враховуючи значну тривалість простою під час зупинок у міських умовах експлуатації із роботою двигунів на неробочому ході, є доцільним впровадження конструктивних заходів зі зменшення споживання пального двигунами автобусів під час їх зупинок.

1. Нємий С. В. Дослідження швидкісного режиму двигунів автобусів в умовах експлуатації // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка" "Динаміка, міцність та проектування машин і приладів". – 2007. – № 588. – С. 68–72. 2. Нємий С. В. Статистичне детермінування швидкісного режиму двигунів автобусів // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" "Динаміка, міцність та проектування машин і приладів". – 2012. – № 730. – С. 119–124. 3. Василенко Т. Є. Процес імітації функціонування зупиночного пункту сумісної ділянки руху автобусів різних маршрутів / Т. Є. Василенко, Д. В. Фесенко, О. Й. Дульнявка // Вісті автомобільно-дорожнього інституту. – Горлівка, 2009. – № 2 (9). – С. 164–171. 4. Куниця О. А. Визначення дійсної транспортної затримки на нерегульованих перехрестях в одному рівні / О. А. Куниця, О. О. Закаблук // Вісті автомобільно-дорожнього інституту. – Горлівка, 2009. – № 2 (9). – С. 46–51. 5. Лукинский В. С. Прогнозирование надежности автомобилей / В. С. Лукинский, Е. И. Зайцев. – Л.: Политехника, 1991. – 224 с. 6. Чистяков В. П. Курс теории вероятностей: учеб. – 3-е изд., испр. – М.: Наука, 1987. – 240 с.