

Шифр «Cycle-2»

**НАУКОВА РОБОТА**

зі спеціальності «Автомобільний транспорт»

напряму конкурсу «Автомобілі та трактори»

на тему: «Дослідження їздових циклів міських автобусів у м. Луцьк»

2020

## АНОТАЦІЯ

Метою роботи є визначення міського їздового циклу для автобусів, які рухаються заданими маршрутами на основі їх реальних режимів руху.

В рамках вирішення поставлених завдань було встановлено, що відсутність стандартизованого їздового циклу для автобусів, які рухаються за встановленими маршрутами призводить до неможливості оцінки витрати палива, викидів шкідливих речовин, та розробки алгоритму руху гібридних транспортних засобів. За результатами експериментальних досліджень, запропоновано їздовий цикл для автобусів які рухаються заданими міськими маршрутами наведено графічну та математичну моделі циклу.

Математична модель запропонованого циклу дає можливість його трансформування під конкретні умови експлуатації. Проведені розрахунок та порівняння паливної економічності пропонованого їздового циклу із стандартизованим, свідчать про адекватність запропонованої моделі.

Отримані результати можуть бути використані під час визначення витрати палива та/або електричної енергії автобусів, моделювання руху гібридних та електричних пасажирських транспортних засобів та визначення їх експлуатаційних властивостей.

Ключові слова: їздовий цикл, автобус, витрата палива, стандартизований цикл, маршрут, модель, графік.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
1. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РУХУ АВТОБУСІВ У м. ЛУЦЬК .....	6
1.1 Опис системи МАК .....	6
1.2 Опис маршруту руху .....	8
1.3 Результати досліджень .....	10
2. МАТЕМАТИЧНА ТА ГРАФІЧНА МОДЕЛІ ЦИКЛУ .....	15
2.1. Розподіл режимів руху автобуса. ....	15
2.2 Характеристики режимів руху. ....	17
2.3 Графічна та математична моделі циклу. ....	20
2.4 Характеристики запропонованого їздового циклу. ....	23
2.5 Алгоритм побудови їздового циклу. ....	23
3. РОЗРАХУНОК ТА ПОРІВНЯННЯ ВИТРАТИ ПАЛИВА АВТОБУСІВ ЗА РІЗНИМИ ЇЗДОВИМИ ЦИКЛАМИ. ....	25
3.1 Характеристика автобуса Богдан А 09202. ....	25
3.2 Розрахунок витрати палива .....	25
ВИСНОВКИ. ....	30
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ. ....	31
ДОДАТОК 1. ....	35

## ВСТУП

На сьогодні автомобіль вже не розкіш, а засіб пересування. Збільшення кількості автомобілів, підвищення мобільності населення – це лише частина факторів, які впливають на швидкість руху автомобілів у населених пунктах. Онлайн-моніторинг системи Google ЗАТОРИ свідчить про значне збільшення їх кількості. Особливо це відчутно останнім часом, що пов'язано з напівлегальною експлуатацією автомобілів на іноземній реєстрації, зменшенням з 01.01.2018 року швидкості руху в населених пунктах до 50 км/год. В результаті дії усіх цих факторів спостерігається відмінність у режимах руху транспортних засобів [1...25]. Особливо гостро вплив режимів руху відображається на маршрутних транспортних засобах, оскільки вони мають безпосередній вплив на витрату палива, та, відповідно, на вартість перевезень. Аналіз літературних джерел та вивчення нормативних документів на методи випробувань свідчить про фактичну відсутність єдиного стандартизованого їздового циклу для міських автобусів, які рухаються заданим маршрутом. Ще одним з факторів, який визначає необхідність визначення міського їздового циклу є активізація автотранспортних підприємств по використанню гібридних транспортних засобів, для ефективної та економічної експлуатації яких необхідно задати чіткий алгоритм роботи гібридної силової установки. Тому на даному етапі необхідно визначити реальний міський їздовий цикл для автобусів, які рухаються заданими маршрутами.

Методи досліджень, які використовуються в роботі засновані на основних положеннях теорії імовірності, математичної статистики, теорії автомобіля та теорії експлуатаційних властивостей автомобіля щодо визначення тягово-швидкісних властивостей автомобіля та паливної економічності. Обробка експериментальних даних здійснювалася використовуючи методи математичного аналізу, лінійної алгебри. Дослідження проводилися з використанням персонального комп'ютера та сучасного програмного забезпечення.

Метою роботи є визначення міського їздового циклу для автобусів, які рухаються заданими маршрутами на основі їх реальних режимів руху.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз існуючих міських їздових циклів;
- дослідити реальні режими руху маршрутних транспортних засобів у м.

Луцьк;

- за результатами обробки отриманих даних запропонувати їздовий цикл для маршрутних транспортних засобів та створити графічну і математичну модель даного їздового циклу;

- дослідити коефіцієнти розгону та гальмування математичної моделі циклу, а також встановити їх залежність від умов руху;

- здійснити розрахунок витрат палива за стандартизованим та пропонованим їздовими циклами;

- провести порівняння витрати палива за різними їздовими циклами.

Об'єкт дослідження – режими руху автобуса встановленими міськими маршрутами.

Предмет дослідження – витрата палива автобусом, який рухається встановленими міськими маршрутами.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у створеній математичній моделі їздового циклу для автобусів, які рухаються встановленими міськими маршрутами.

Практичне значення одержаних результатів роботи становить отриманий їздовий цикл автобуса, який рухається встановленими міськими маршрутами.

Реалізація роботи. Результати досліджень можуть бути використані під час визначення витрати палива та/або електричної енергії автобусів, моделювання руху гібридних та електричних пасажирських транспортних засобів та визначення їх експлуатаційних властивостей.

# 1 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РУХУ АВТОБУСІВ У м. ЛУЦЬК

## 1.1 Опис системи МАК

Експериментальні дослідження проводилися з метою встановлення даних щодо режимів руху міських автобусів. Дослідження проводилися у м. Луцьк за допомогою мультимедійного автоматизованого комплексу (МАК), який призначений для забезпечення моніторингу та керування громадським транспортом.

Мультимедійний автоматизований комплекс (МАК) – це програмно-апаратний комплекс, що складається з бортових пристроїв, які встановлені на громадському транспорті та програмної платформи МАК, на якій побудовані всі рішення по наданню послуг супутниковими GPS моніторингом та керуванню в реальному часі.

Перелік систем та їх призначення, що реалізовані в системі МАК:

- система моніторингу руху громадського транспорту забезпечує моніторинг, контроль та управління в реальному часі графіком руху в ГТ з використанням супутникової системи визначення координат GPS;
- система мультимедійної інформації забезпечує оголошення зупинок по точках GPS з супутника, показ відео зупинки та відео реклами, забезпечення послуг для людей з частковою або повною втратою зору або слуху;
- система оплати проїзду забезпечує оплату проїзду в громадському транспорті за допомогою електронного квитка та електронної соціальної картки;
- система безпеки проїзду забезпечує контроль швидкості руху в громадському транспорті та зв'язок з диспетчером;
- система збору та обробки інформації забезпечує контроль всіх необхідних параметрів роботи транспортного засобу;
- система відеонагляду.

Система МАК побудована за модульним принципом і допускає різні конфігурації залежно від потреб клієнта.

Модулі можуть впроваджуватися цілком незалежно і в будь-якій конфігурації.

Платформа МАК складається з таких модулів [25], :

- 1) Модуль «Домени»
- 2) Модуль «Безпеки доступу»
- 3) Модуль «Графік руху»

В мережі інтернет оперативно відображено інформацію про рух міського транспорту. Зупинки можуть обладнуватися моніторами і графіки руху ГТ в реальному часі будуть відображатися на зупинках.

Зображення екрану вигляду на мапі м Луцьк та маршруту №15 з точками реклами, відміток графіка руху та зупинок наведено на рисунку 1.1, 1.2.

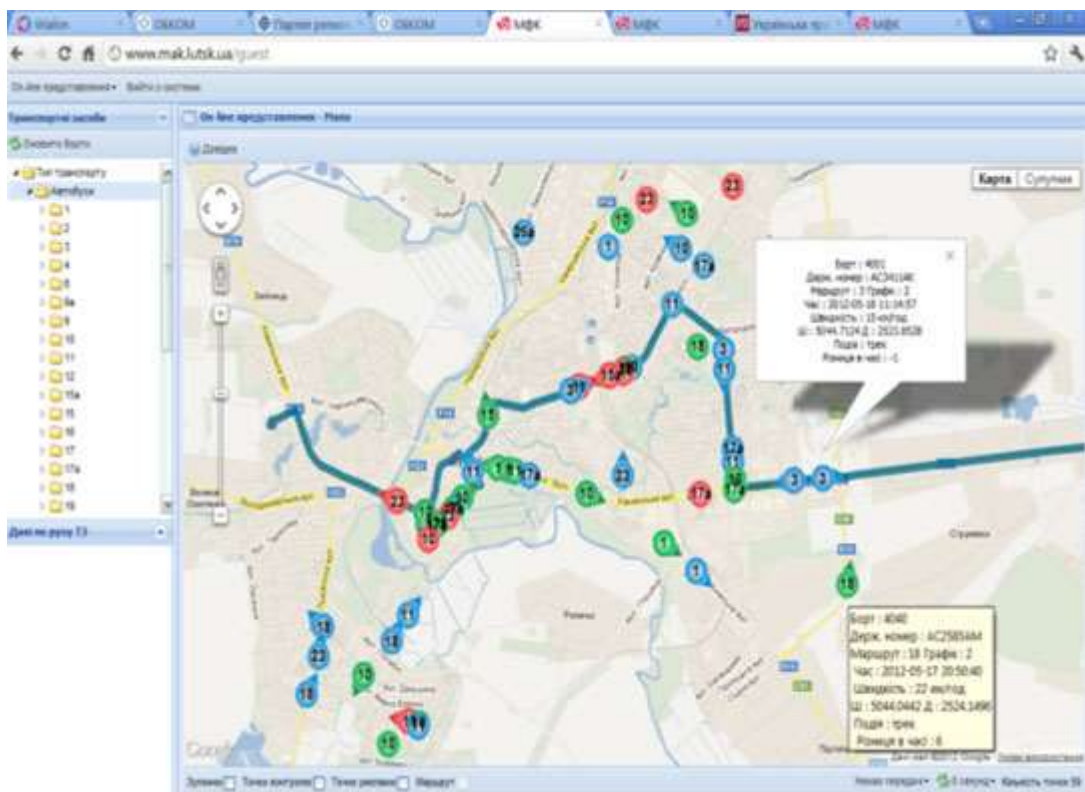


Рисунок 1.1. Зображення екрану. Вигляд на мапі м. Луцьк

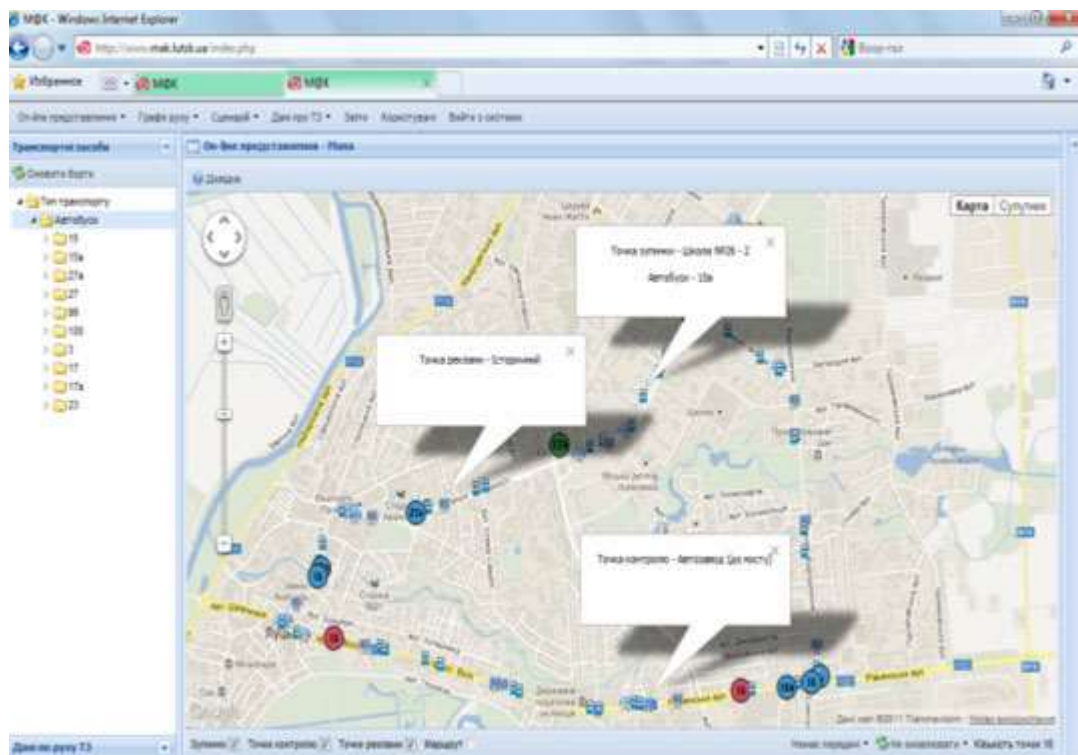


Рисунок 1.2. Зображення екрану. Вигляд на мапі м. Луцьк маршрут №15 з точками реклами, відміток графіка руху та зупинок

- 4) Модуль «Модуль розрахунків та моделювання розкладу руху»
- 5) Модуль «Наряди»
- 6) Мультимедійний модуль
- 7) Модуль «Сценаріїв зупинок та реклами»
- 8) Модуль «Звіти, графіки та діаграми»
- 9) Автоматизоване транспортне підприємство «АТП»
- 10) Модуль «Контроль палива»
- 11) Модуль «Безпека проїзду»
- 12) Модуль «Відео нагляд»
- 13) Модуль «Пошук маршруту»
- 14) Модуль «Розумна зупинка»

## 1.2 Опис маршруту руху

Для експериментальних досліджень вибрано ділянку дороги у м. Луцьк, від зупинки ТЦ «Глобус» (вул. Домни Гордіюк, 47) до перетину вулиці Карпенка-



Карого та проспекту Перемоги (пр. Перемоги, 38) (рисунок 1.2). Характеристики маршруту та вигляд даного маршруту на карті наведено нижче у таблиці 1.1, та рисунку 1.3.

Таблиця 1.1 – Характеристики маршруту, де здійснювався моніторинг руху громадського транспорту.

№	Показник	Значення
1.	Довжина маршруту, км	2,2
2.	Кількість зупинок, шт	9
3.	Кількість світлофорів, шт	6
4.	Середній час руху (за даними Google Maps), хв	8...10
5.	Середня швидкість руху (за даними Google Maps), км/год	16,5...13,2
6.	Кількість смуг для руху в одному напрямку	2

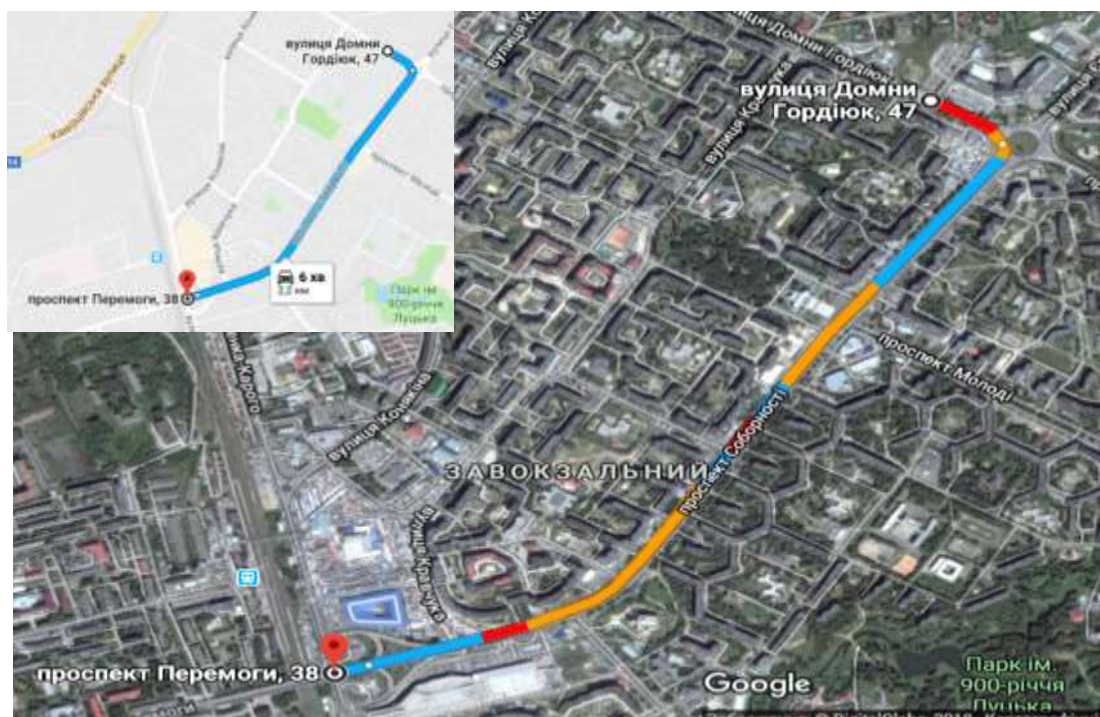


Рисунок 1.3 – Ділянка дороги у м. Луцьк, де здійснювався моніторинг руху маршрутних транспортних засобів

Вибір зазначеної ділянки дороги обумовлюється рядом факторів:

- даною ділянкою дороги рухається близько 75% усього громадського транспорту;
- маршрут з'єднує «спальний» район та центр міста;

- на проспекті Соборності зосереджено ряд торгових та розважальних закладів, які користуються значним попитом (гіпермаркет «ТАМ ТАМ», розважальний та торговий центр «Порт Сіті», Варшавський ринок, Північний ринок, супермаркет «Салют», торговий центр «Глобус»);
- вибраний маршрут характеризується відсутністю заторів, що є досить важливим з точки зору достовірності експериментальних даних.

Час моніторингу руху вибрано мінімально можливий, який становить 5 секунд. Моніторинг руху здійснювався для різних маршрутів, в різні дні тижня, а також таким чином, щоб охопити усю зміну.

Результати моніторингу руху маршрутних транспортних засобів на ділянці дороги у м. Луцьк наведено у пункті 1.3. Значення швидкостей руху наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Швидкості руху автобусів

Показник	№ досліду										Середнє значення
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Технічна швидкість руху, км/год	21,3	21,7	20,7	24,1	21,6	25,8	19,2	20,4	21,9	19,8	21,6
Експлуатаційна швидкість руху, км/год	11,9	11,5	9,8	10,1	12,0	11,1	10,1	12,6	11,6	12,9	11,4

### 1.3 Результати досліджень

Результати моніторингу руху маршрутних транспортних засобів у м. Луцьк наведені нижче у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Результати моніторингу руху маршрутних транспортних засобів у м. Луцьк

Час, с	№ маршруту									
	23	1	1	1	19	22	22	1	19	19
	№ досліду									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	22	21	17	52	34	27	7	7	27	23

Час, с	№ маршруту									
	23	1	1	1	19	22	22	1	19	19
	№ досліду									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	25	22	22	37	27	42	14	8	28	22
15	23	22	23	32	27	38	16	22	29	25
20	22	16	23	38	27	36	27	23	25	23
25	7	18	22	37	26	0	25	26	0	27
30	14	0	0	49	27	0	23	23	0	28
35	24	0	0	29	0	0	0	0	0	28
40	26	2	10	0	14	18	0	0	22	0
45	17	17	20	0	13	36	5	3	35	0
50	0	25	28	0	33	4	28	21	13	0
55	0	29	30	0	34	18	30	35	9	0
60	9	18	29	18	16	28	24	8	0	5
65	18	0	19	24	0	16	0	14	9	23
70	19	0	0	30	0	0	0	6	22	27
75	21	20	0	37	0	0	8	16	0	25
80	20	15	0	27	0	0	18	0	0	0
85	0	18	11	0	0	0	15	0	0	6
90	0	16	19	0	0	14	20	0	0	13
95	0	22	19	0	7	28	23	0	28	0
100	8	9	0	0	18	0	0	21	19	8
105	14	0	0	0	22	0	0	26	0	19
110	7	0	0	0	0	0	0	14	9	14
115	17	0	0	24	0	35	3	0	24	29
120	26	0	0	27	0	32	27	0	30	27
125	25	10	0	20	5	10	34	23	23	0
130	0	19	0	0	23	0	27	38	3	0
135	4	22	0	0	21	4	0	23	8	0
140	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
145	0	13	0	18	0	0	0	0	0	0
150	0	0	11	3	0	0	0	0	0	9
155	0	0	28	0	0	0	0	0	0	23
160	0	32	39	0	0	0	0	22	0	27
165	0	53	0	25	0	23	9	53	24	32
170	0	63	0	24	0	36	27	21	34	26
175	23	43	0	13	26	28	32	4	23	0
180	39	0	0	6	34	0	27	26	0	0
185	30	0	0	17	27	0	8	20	0	0
190	21	0	0	11	23	26	0	0	17	0
195	32	23	15	0	0	36	6	26	0	9
200	24	0	36	0	0	32	27	14	0	24
205	0	0	44	2	4	32	31	0	0	29
210	13	0	0	0	23	24	0	0	22	30
215	26	0	19	1	30	0	0	0	31	29
220	2	0	19	1	34	0	0	0	21	25
225	0	0	31	0	23	0	0	0	0	3

Час, с	№ маршруту									
	23	1	1	1	19	22	22	1	19	19
	№ досліду									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
230	0	0	27	0	0	0	0	0	21	0
235	0	0	12	5	0	0	11	12	18	6
240	0	1	16	0	0	0	14	20	0	18
245	0	0	10	0	10	0	0	24	0	27
250	0	0	0	0	25	0	2	25	0	25
255	0	0	0	0	26	0	0	30	0	25
260	0	0	0	0	29	0	0	13	0	4
265	0	0	0	0	26	0	0	27	0	4
270	0	0	0	0	20	0	0	0	0	3
280	28	10	0	0	12	0	0	-	10	19
285	37	11	0	0	3	0	0	-	27	0
290	27	8	0	0	0	0	0	-	25	0
295	31	25	0	0	0	0	14	-	31	0
300	27	26	0	0	0	0	12	-	30	0
305	0	25	0	0	8	0	0	-	25	0
310	-	22	0	0	8	0	0	-	0	0
315	-	23	4	0	3	0	0	-	-	4
320	-	0	11	0	0	17	0	-	-	6
325	-	-	3	0	0	25	0	-	-	23
330	-	-	0	0	0	27	6	-	-	23
335	-	-	0	8	0	29	23	-	-	3
340	-	-	0	14	0	28	32	-	-	0
345	-	-	0	21	0	26	33	-	-	0
350	-	-	3	27	4	0	17	-	-	5
355	-	-	19	27	0	-	26	-	-	27
360	-	-	27	28	0	-	0	-	-	31
365	-	-	28	19	4	-	-	-	-	38
370	-	-	27	0	14	-	-	-	-	42
375	-	-	25	-	27	-	-	-	-	0
380	-	-	0	-	31	-	-	-	-	-
385	-	-	-	-	27	-	-	-	-	-
390	-	-	-	-	32	-	-	-	-	-
395	-	-	-	-	36	-	-	-	-	-
400	-	-	-	-	33	-	-	-	-	-
405	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-

Режими руху маршрутних транспортних засобів у м. Луцьк наведені нижче на рисунках.

Маршрут руху наведений на рисунку 1.5, характеризується повільним режимом руху, з максимальною швидкістю до 40 км/год, тривалими стоянками на зупинках.

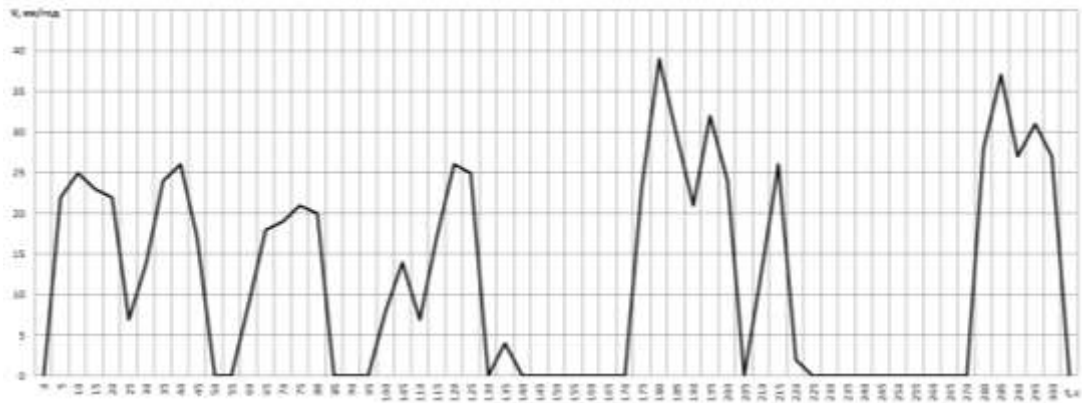


Рисунок 1.4 – Режим руху автобуса № 23 (дослід № 1)

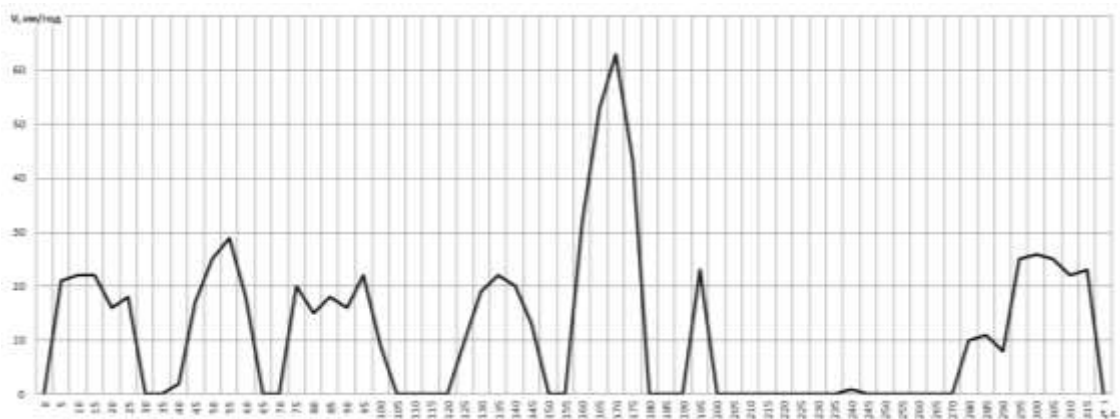


Рисунок 1.5 – Режим руху автобуса № 1 (дослід № 2)

Маршрут руху наведений на рисунку 1.4, характеризується інтенсивним рухом з 6 зупинками, тривалими стоянками на зупинках, з максимальною швидкістю 60 км/год.

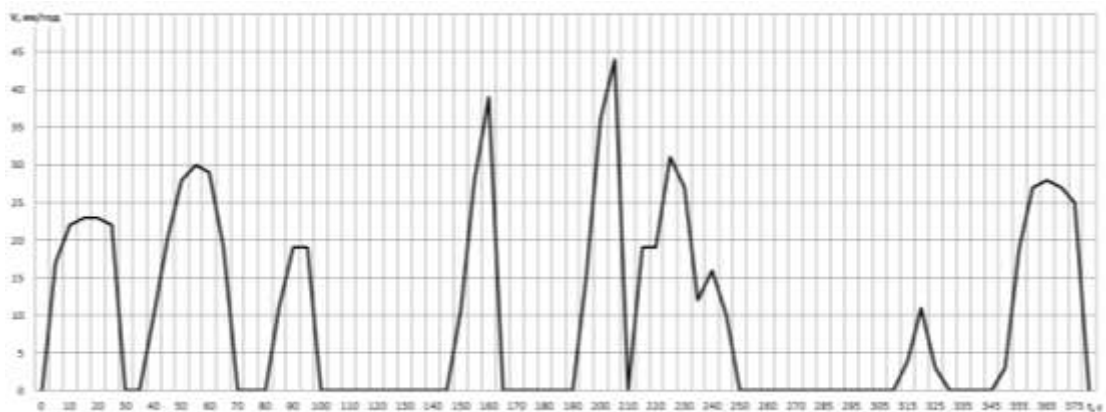


Рисунок 1.6 – Режим руху автобуса № 1 (дослід № 3)

Маршрут руху наведений на рисунку 1.6, характеризується інтенсивним рухом, тривалими стоянками на зупинках, з 6 зупинками та максимальною швидкістю у 45 км/год.

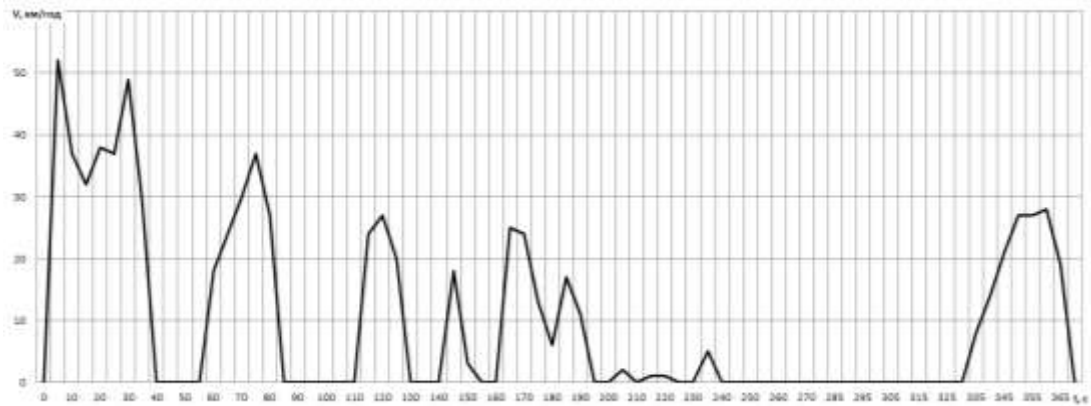


Рисунок 1.7 – Режим руху автобуса № 1 (дослід № 4)

Маршрут руху наведений на рисунку 1.7, характеризується стрімким інтенсивним рухом на початку маршруту, з максимальною швидкістю вище 50 км/год, далі присутні тривалі стоянки та повільний режим руху до кінця маршруту.

## 2 МАТЕМАТИЧНА ТА ГРАФІЧНА МОДЕЛІ ЦИКЛУ

### 2.1 Розподіл режимів руху автобуса

Провівши аналіз отриманих даних можна виділити наступні найбільш характерні режими руху автобусів:

- робота двигуна на холостому ході, швидкість рівна нулю;
- розгін автомобіля в діапазоні 0...25 км/год, середнє прискорення 1,4 м/с<sup>2</sup>;
- розгін автомобіля в діапазоні 25...40 км/год, середнє прискорення рівне 0,83...1,0 м/с<sup>2</sup>;
- сповільнення автомобіля до повної зупинки зі швидкості 25...30 км/год, середнє сповільнення рівне 1,4...1,6 м/с<sup>2</sup>.

Детальний розподіл режимів руху транспортних засобів наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розподіл режимів руху автобусів.

№ досліду	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Режим руху автобуса										
Холостий хід	28	32	41	45	36	41	36	22	29	26
Розгін 0 – 25 ± 5 км/год	3	5	2	2	1	5	0	4	6	1
Розгін 0 – 15 ± 5 км/год	5	3	8	3	5	3	9	3	4	8
Розгін 25 – 35 (± 5) км/год	4	2	3	2	4	5	4	3	4	3
Гальмування 25 (± 5) – 0 км/год	5	4	3	3	5	4	7	4	4	4
Гальмування 15 (± 5) – 0 км/год	2	3	4	4	3	2	3	3	5	5
Гальмування 35(± 5) – 0 км/год	0	2	0	0	1	2	1	0	0	1
Постійна швидкість 25 ± 5 км/год	12	12	11	10	16	5	8	12	7	23
Постійна швидкість 15 ± 5 км/год	3	7	3	1	2	0	8	6	2	6
Постійна швидкість 35±5 км/год	0	0	0	3	6	8	3	0	1	5

На рисунку 2.1 наведено міський їздовий цикл побудований за експериментальними даними із застосуванням програми Excel. На діаграмі

також наведено криву, побудовану за допомогою лінійної фільтрації за двома точками.

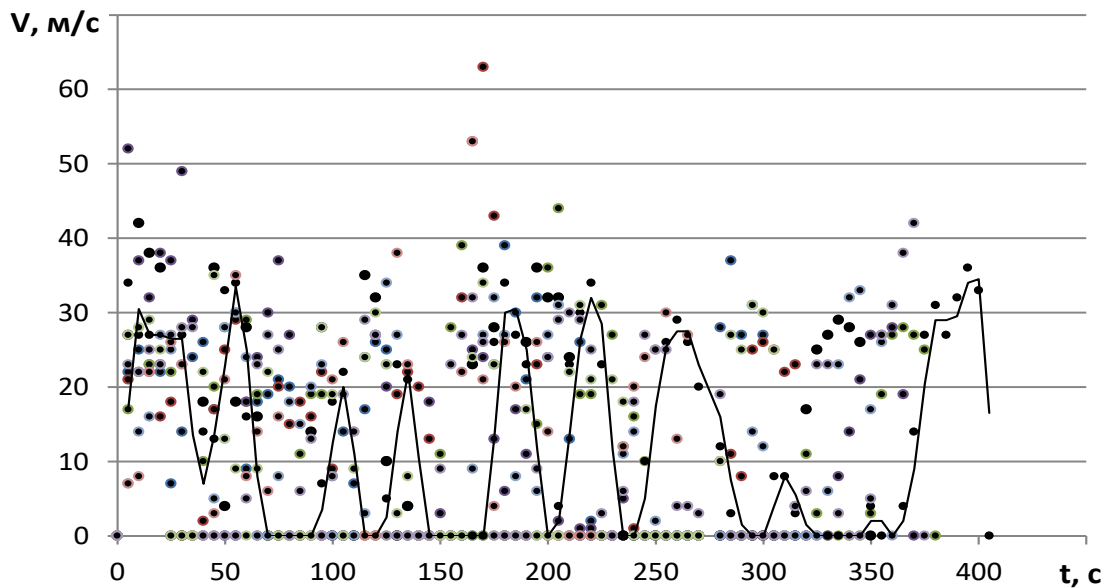


Рисунок 2.1 – Усереднений графік міського їздового циклу, побудований за експериментальними даними

Виходячи з графіка, зображеного на рисунку 2.1, можна встановити, що в середньому відбувається вісім циклів “розгін - гальмування”, під час руху автобуса на досліджуваній ділянці.

Вивчивши характер графіків, наведених у Розділі 1, виявлено певну закономірність щодо режимів руху автобусів, тому здійснено розрахунок імовірності перебування транспортного засобу у певному стані (режимі руху), результати якого наведені нижче у таблиці 2.2 та на рисунку 2.2.

Таблиця 2.2 – Імовірність перебування транспортного засобу в певному стані (режимі руху)

№ дослідю	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Середнє значення
Режим руху автобуса											
Холостий хід	45,2	51,6	66,1	72,6	58,1	66,1	58,1	35,5	46,8	41,9	54,2
Розгін	19,4	16,1	21,0	11,3	16,1	21,0	21,0	16,1	22,6	19,4	18,4



Гальмування	11,3	14,5	11,3	11,3	14,5	12,9	17,7	11,3	14,5	16,1	13,5
Постійна швидкість	24,2	30,6	22,6	22,6	38,7	21,0	30,6	29,0	16,1	54,8	29,0

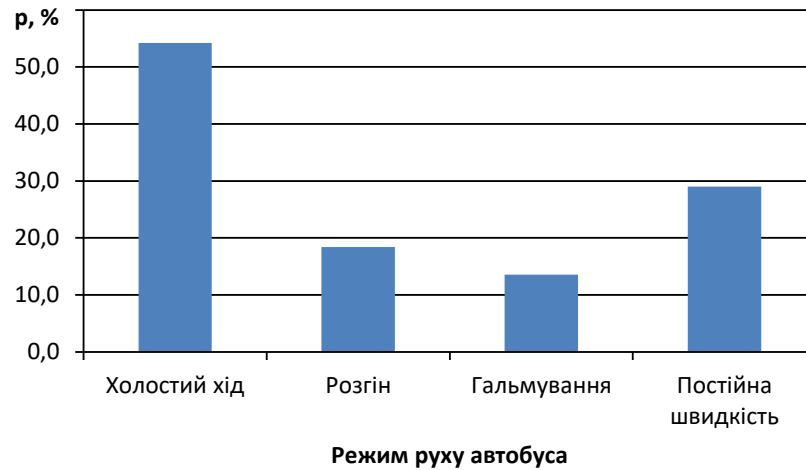


Рисунок 2.2 – Імовірність перебування транспортного засобу у певному стані (режимі руху)

## 2.2 Характеристики режимів руху

Наступним етапом моделювання їздового циклу є визначення середніх прискорень (сповільнень). Оскільки прискорення ( $j$ ) – це фізична величина, яка характеризує зміну швидкості за певний момент часу, то для його визначення можна скористатися відомою залежністю:

$$j = \frac{V_2 - V_1}{t}, \quad (2.1)$$

де  $V_1$  – початкова швидкість транспортного засобу, м/с;

$V_2$  – кінцева швидкість транспортного засобу, м/с;

$t$  – час, протягом якого швидкість змінилася з  $V_1$  до  $V_2$ , с.

Скориставшись залежністю (2.1) визначено значення прискорення (сповільнення) для перехідних режимів руху транспортного засобу. Оскільки час

моніторингу становив 5 секунд, то і значення прискорення визначалося для даної величини. Разом з тим, зрозуміло, що транспортний засіб міг розпочати рух і пізніше, тобто при  $t < 5$  с. Тому значення прискорення (сповільнення) зазначено у вигляді діапазону, при чому максимальне значення відповідає службовим режимам руху, найбільш комфортним для водія та пасажирів [26, 27]. Розраховані значення прискорення автобуса, для найбільш характерних режимів руху, становлять:

- середнє прискорення в режимі розгону автомобіля в діапазоні 0...25 км/год рівне 1,4...1,6 м/с<sup>2</sup>;
- середнє прискорення в режимі розгону автомобіля в діапазоні 25...40 км/год рівне 0,8...1,0 м/с<sup>2</sup>;
- середнє сповільнення автомобіля до повної зупинки зі швидкості 25...30 км/год, рівне 1,2...1,6 м/с<sup>2</sup>;
- середнє сповільнення автомобіля зі швидкості 45 км/год до швидкості 20 км/год рівне 1,0...1,4 м/с<sup>2</sup>.

Виходячи з експериментальних даних, наведених у Розділі 2, можна запропонувати наступні режими руху для їздового циклу:

- робота двигуна на холостому ході;
- розгін автомобіля в діапазоні 0...15 км/год із прискоренням 1,4 м/с<sup>2</sup>;
- розгін автомобіля в діапазоні 0...25 км/год із прискоренням 1,4 м/с<sup>2</sup>;
- розгін автомобіля в діапазоні 25...35 км/год із прискоренням 0,83 м/с<sup>2</sup>;
- сповільнення автомобіля до повної зупинки зі швидкості 15 із сповільненням 1,0 м/с<sup>2</sup>;
- сповільнення автомобіля до повної зупинки зі швидкості 25 із сповільненням 1,4 м/с<sup>2</sup>;
- сповільнення автомобіля зі швидкості 35 до швидкості 25 км/год із сповільненням 1,0 м/с<sup>2</sup>.

Варто зазначити, що наведені режими руху в подальшому можуть бути уточнені, за результатами подальшої обробки експериментальних даних.

Оскільки, за результатами експериментальних досліджень виділено наступні кінцеві швидкості розгону 15, 25, 35 км/год, то здійснено відповідний

розрахунок, з метою визначення розподілу розгонів автобуса. Результати розрахунку наведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Розподіл кінцевих швидкостей розгону автобуса

Режим руху	Середня кількість випадків	
	од.	%
Розгін 0...25 км/год	2,9	25,4
Розгін 0...15 км/год	5,1	44,8
Розгін 0...35 км/год	3,4	29,8

За результатами проведених експериментів, обробки їх даних можна графічно зобразити їздовий цикл для автобуса, який рухається заданим маршрутом, однак при цьому необхідно дотримуватися певної послідовності, оскільки відсутня інформація щодо довжини (тривалості) їздового циклу.

Порядок здійснення моделювання їздового циклу та результати розрахунків:

- 1) За основу приймається вісім циклів “розгін - гальмування” , оскільки при даному циклі максимальними є як витрата палива так і викиди шкідливих речовин [28],.
- 2) Зважаючи на дані таблиці 2.1 розгін здійснюється до наступних швидкостей: тричі до швидкості 15 км/год, тричі – до 25 км/год, двічі відбувається розгін до швидкості 35 км/год.
- 3) Використовуючи прийняті значення прискорення та сповільнення, перетворивши залежність (2.1) визначається час кожного режиму розгону та гальмування.
- 4) Тривалість руху автобуса з постійною швидкістю співрозмірна з тривалістю режимів розгону та гальмування (див. табл. 2.2), тому даний режим приймається 114 с, з врахуванням розподілу імовірностей станів. Розподіл постійних швидкостей руху наведено у таблиці 2.4.
- 5) У відповідності до таблиці 2.2 режим холостого ходу становить близько 54 % інших режимів руху, тому приймається робота нерухомого автобуса на холостому ходу 260 секунд.

Таблиця 2.4 – Розподіл постійних швидкостей автобуса

Режим руху	Загальна тривалість, с	Кількість циклів, од	Тривалість одного циклу, с
Рух з швидкістю 15 км/год	18	3	6
Рух з швидкістю 25 км/год	84	3	23+5
Рух з швидкістю 35 км/год	12	2	6

б) Загальна тривалість їздового циклу становитиме 482 секунди.

### 2.3 Графічна та математична моделі циклу

Використовуючи вищенаведені дані та експериментальні дані таблиці 2.1 побудовано міський їздовий цикл для автобуса, який рухається за встановленими маршрутами, що наведено на рисунку 2.3. Опис етапів циклу та їх характеристику наведено у таблиці 2.5. Математична інтерпретація їздового циклу, згідно ГОСТ Р 54810-2011 наведено у таблиці 2.6. Оскільки автобус розпочинає рух від зупинки, а також враховуючи дані [5, 6], то тривалість режиму холостого ходу першого етапу прийнята 20 секунд. На інших етапах тривалість режиму холостого ходу прийнята 30 секунд.

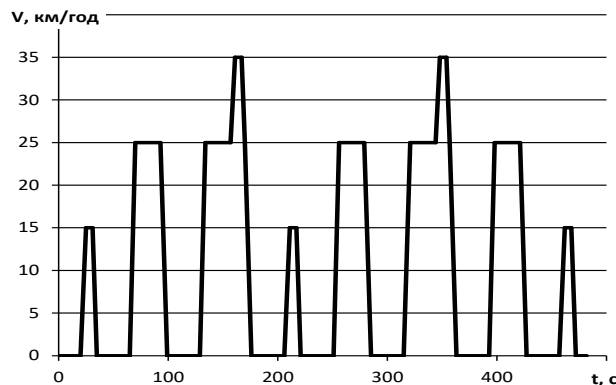


Рисунок 2.3 – Пропонований міський їздовий цикл для автобусів

Таблиця 2.5 – Опис етапів пропонованого циклу та їх характеристика

№ з/п	Характеристика етапу	Тривалість етапу, с	Загальна тривалість, с	Координати точки 1 (t;V)	Координати точки 2 (t;V)	Рівняння
1	Холостий хід	20	20	0;0	20;0	$V=0$
2	Розгін 0...15 км/год	5	25	20;0	25;15	$V=3t - 60$

№ з/п	Характеристика етапу	Тривалість етапу, с	Загальна тривалість, с	Координати точки 1 (t;V)	Координати точки 2 (t;V)	Рівняння
3	Рух з швидкістю 15 км/год	6	31	25;15	31;15	$V=15$
4	Гальмування до швидкості 0 км/год	4	35	31;15	35;0	$V=-3,75t + 131,25$
5	Холостий хід	30	65	35;0	65;0	$V=0$
6	Розгін 0...25 км/год	5	70	65;0	75;25	$V=5t - 325$
7	Рух з швидкістю 25 км/год	23	93	75;25	93;25	$V=25$
8	Гальмування до швидкості 0 км/год	6	99	93;25	99;0	$V=-4,2t + 412,5$
9	Холостий хід	30	129	99;0	129;0	$V=0$
10	Розгін 0...25 км/год	5	134	129;0	134;25	$V=5t - 645$
11	Рух з швидкістю 25 км/год	23	157	134;25	157;25	$V=25$
12	Розгін 25...35 км/год	4	161	157;25	161;35	$V=2,5t - 367,5$
13	Рух з швидкістю 35 км/год	6	167	161;35	167;35	$V=35$
14	Гальмування до швидкості 25 км/год	3	170	167;35	170;25	$V=-3,3t + 591,67$
15	Гальмування до швидкості 0 км/год	6	176	170;25	176;0	$V=-4,2t + 733,33$
16	Холостий хід	30	206	176;0	206;0	$V=0$
17	Розгін 0...15 км/год	5	211	206;0	211;15	$V=3t - 618$
18	Рух з швидкістю 15 км/год	6	217	211;15	217;15	$V=15$
19	Гальмування до швидкості 0 км/год	4	221	217;15	221;0	$V=-3,75t + 828,75$
20	Холостий хід	30	251	221;0	251;0	$V=0$
21	Розгін 0...25 км/год	5	256	251;0	256;25	$V=5t - 1255$
22	Рух з швидкістю 25 км/год	23	279	256;25	279;25	$V=25$
23	Гальмування до швидкості 0 км/год	6	285	279;25	285;0	$V=-4,2t + 1187,5$
24	Холостий хід	30	315	285;0	315;0	$V=0$
25	Розгін 0...25 км/год	6	321	315;0	321;25	$V=4,2t - 1312,5$
26	Рух з швидкістю 25 км/год	23	344	321;25	344;25	$V=25$
27	Розгін 25...35 км/год	4	348	344;25	348;35	$V=2,5t - 835$
28	Рух з швидкістю 35 км/год	6	354	348;35	354;35	$V=35$
29	Гальмування до швидкості 25 км/год	3	357	354;35	357;25	$V=-3,3t + 1215$
30	Гальмування до швидкості 0 км/год	6	363	357;25	363;0	$V=-4,2t + 1512,5$
31	Холостий хід	30	393	363;0	393;0	$V=0$
32	Розгін 0...25 км/год	5	398	393;0	398;25	$V=5t - 1965$

№ з/п	Характеристика етапу	Тривалість етапу, с	Загальна тривалість, с	Координати точки 1 (t;V)	Координати точки 2 (t;V)	Рівняння
33	Рух з швидкістю 25 км/год	23	421	398;25	421;25	$V=25$
34	Гальмування до швидкості 0 км/год	6	427	421;25	427;0	$V=-4,2t + 1779,2$
35	Холостий хід	30	457	427;0	457;0	$V=0$
36	Розгін 0...15 км/год	5	462	457;0	462;15	$V=3t - 1371$
37	Рух з швидкістю 15 км/год	6	468	462;15	468;15	$V=15$
38	Гальмування до швидкості 0 км/год	4	472	468;15	472;0	$V=-3,75t + 1770$
39	Холостий хід	10	482	472;0	482;0	$V=0$

Таблиця 2.6 – Математична інтерпретація їздового циклу, згідно ГОСТ Р 54810-2011

№ з/п	Тип операції	Прискорення, м/с	Час операції, с	Загальна тривалість, с	Координати		Рівняння
					точки 1 (t;V)	точки 2 (t;V)	
1	Зупинка	0	11	11	0;0	11;0	$V=0$
2	Прискорення	1,04	4	25	11;0	15;15	$V=3,75t - 41,25$
3	Усталений рух	0	8	23	15;15	23;15	$V=15$
4	Уповільнення	- 0,83	5	28	23;15	28;0	$V=-3,0t + 84$
5	Зупинка	0	21	49	28;0	49;0	$V=0$
6	Прискорення	0,69	6	55	49;0	55;15	$V=2,5t - 122,5$
7	Прискорення	0,79	6	61	55;15	61;32	$V=2,83t - 140,83$
8	Усталений рух	0	24	85	61;32	85;32	$V=32$
9	Уповільнення	- 0,81	11	96	85;32	96;0	$V=-2,91t + 279,27$
10	Зупинка	0	21	117	96;0	117;0	$V=0$
11	Прискорення	0,69	6	123	117;0	123;15	$V=2,5t - 292,5$
12	Прискорення	0,51	11	134	123;15	134;35	$V=1,82t - 208,64$
13	Прискорення	0,46	9	143	134;35	143;50	$V=1,67t - 188,33$
14	Усталений рух	0	12	155	143;50	155;50	$V=50$
15	Уповільнення	- 0,52	8	163	155;50	163;35	$V=-1,875t + 340,63$

№ з/п	Тип операції	Прискорення, м/с	Час операції, с	Загальна тривалість, с	Координати		Рівняння
					точки 1 (t;V)	точки 2 (t;V)	
16	Усталений рух	0	15	178	163;35	178;35	$V=35$
17	Уповільнення	- 0,97	10	188	178;35	188;0	$V = - 3,5t + 658$
18	Зупинка	0	7	195	188;0	195;0	$V=0$

В результаті дослідження отримано графічну інтерпретацію запропонованого їздового циклу. За отриманим графіком визначено рівняння функції  $f=V(t)$  на кожному етапі циклу. В загальному випадку рівняння розгону має вигляд  $V = a \cdot t - b$ , рівняння гальмування  $V = -c \cdot t + d$ . Представлення їздового циклу у математичному вигляді дає можливість здійснювати його коригування, залежно від реальних умов руху, тому варто зосередити увагу на коефіцієнтах рівнянь.

## 2.4 Характеристики запропонованого їздового циклу

Характеристики запропонованого їздового циклу: тривалість циклу – 482 с; протяжність циклу – 1120,4 м; технічна швидкість руху – 19,6 км/год; експлуатаційна швидкість руху – 8,3 км/год.

Розбіжність результатів за експлуатаційною швидкістю руху запропонованого їздового циклу та середньою швидкістю руху, визначеною за результатами експериментальних досліджень становить 27,2 %, за технічною швидкістю руху – 9,3 %. Розбіжність результатів середньої швидкості руху, визначеної за результатами експериментальних досліджень та швидкості їздового циклу Urban Artemis driving cycle [18, 19] становить 18,5 %.

## 2.5 Алгоритм побудови їздового циклу

Для побудови їздового вибрано наступні вихідні дані:

- середня швидкість руху,  $V$ ;
- кількість розгонів, гальмувань, простоїв на холостому ході,  $N_i$ ;
- інтенсивність розгону, гальмування,  $j$ ;
- кількість зупинок,  $k_i$ .

Схема побудови їздового циклу наведено нижче на рисунку 2.4.



Рисунок 2.8 – Схема побудови їздового циклу

Першою і найголовнішою складовою у побудові їздового циклу, є збір вихідних даних, необхідних для подальшої роботи. Для даної роботи, щоб зібрати вихідні дані проводиться онлайн моніторинг громадського транспорту наведений у розділі 1. Після обробки вихідних даних, здійснюється розрахунок імовірності перебування транспортного засобу у певному стані, детально наведено у таблиці та рисунку 2.2. Далі необхідно визначити вагомості режимів руху автобуса на заданому міському маршруті. Складання графічної та математичної моделі їздового циклу здійснюється за допомогою експериментальних даних. Після цього необхідно провести перевірку адекватності, у нашому випадку дана перевірка проводиться за витратою палива. Якщо при перевірці виявлено не коректні дані, тоді потрібно повернутися до розрахунку імовірності перебування транспортного засобу у певному стані, та проаналізувати розрахунки на допуск помилок. Якщо перевірка адекватності виявилась успішною, тоді можна вважати що їздовий цикл відповідає режимам руху тобто розрахунки правильні.



## 3 РОЗРАХУНОК ТА ПОРІВНЯННЯ ВИТРАТИ ПАЛИВА АВТОБУСІВ ЗА РІЗНИМИ ЇЗДОВИМИ ЦИКЛАМИ

### 3.1 Характеристика автобуса Богдан А 09202

Для розрахунків витрати палива прийнято автобус Богдан моделі А09202. Вибір цієї моделі обумовлений тим фактором, що у м. Луцьк на міських маршрутах експлуатується близько 70 % автобусів даної моделі. Технічні характеристики автобуса [29], наведена нижче у Додатку А.

### 3.2 Розрахунок витрати палива

Визначення витрати палива їздового циклу, є сумою витрати палива на усіх його режимах, тому використовуємо наступу формулу:

$$Q_{\text{ц}} = Q_{\text{ц хх}} + Q_{\text{ц р}} + Q_{\text{ц спов.}(г)} + Q_{\text{ц п.ш.}} \quad (3.1)$$

де:  $Q_{\text{ц хх}}$  – витрата палива при режимі холостого ходу;

$Q_{\text{ц р}}$  – витрата палива при режимі розгону;

$Q_{\text{ц спов.}(г)}$  – витрата палива при режимі сповільнення;

$Q_{\text{ц п.ш.}}$  – витрата палива при режимі постійної швидкості.

Наступним кроком є визначення витрати палива на окремих режимах. Для цього використовуємо наступні формули:

$$Q_{\text{ц хх}} = \frac{g_{\text{хх}} \tau_{\text{хх}}}{1000 \rho_g} \quad (3.2)$$

де:  $g_{\text{хх}}$  – годинна витрата палива при режимі холостого ходу;

$\tau_{\text{хх}}$  – час при режимі холостого ходу;

$\rho_g$  – густина палива.

$$Q_{ц\text{ п.ш.}} = \frac{g_{п.ш.} \tau_{п.ш.}}{1000\rho_g} \quad (3.3)$$

де:  $g_{п.ш.}$  – годинна витрата палива при режимі постійної швидкості;

$\tau_{п.ш.}$  – час при режимі постійної швидкості;

$\rho_g$  – густина палива.

Витрата палива при сповільненні з вимкненим зчепленням:

$$Q_{ц\text{ спов.(г)}} = \frac{g_{xx} \tau_{xx}}{1000\rho_g} \quad (3.4)$$

Витрата палива при сповільненні з увімкненим зчепленням:

$$Q_{ц\text{ спов.(г)}} = 0 \quad (3.5)$$

Визначення витрати палива на максимальній потужності двигуна визначається за наступною формулою:

$$Q_{ц} = \frac{g_{xx} \tau_{xx}}{1000\rho_g} + \frac{g_{xx} \tau_{xx}}{1000\rho_g} + \frac{g_{п.ш.} \tau_{п.ш.}}{1000\rho_g} + \frac{N_{max} g_e}{1000\rho_g} \quad (3.6)$$

При розрахунку даної формули можна побачити закономірність та спростити її.

Спрощений варіант даної формули:

$$Q_{ц} = \frac{1}{1000\rho_g} (g_{xx}(\tau_{xx} + \tau_{xx(г)}) + g_{п.ш.}\tau_{п.ш.} + N_{max}g_e) \quad (3.7)$$

де:  $N_{max}$  – максимальна потужність двигуна;

$g_e$  – питома витрата палива.

Для визначення максимальної потужності двигуна  $N_{max}$ , скористаємось методикою з посібника [23]:

$$N_{max} = \frac{M_k U_m \eta_m}{1000 r_d} \omega_k r_k \quad (3.8)$$

де:  $M_k$  – крутний момент двигуна;

$U_m$  – передатне число трансмісії;

$\eta_m$  – механічний ККД трансмісії;

$\omega_k$  – частота обертання колінчастого валу;

$r_k, r_d$  – радіус кочення та динамічний радіус колеса.

За наведеними вище залежностями здійснено розрахунок витрати палива для автобуса А 09202 за їздовим циклом, згідно ГОСТ Р 54810-2011 (ГОСТ 20306-90) та за запропонованим їздовим циклом. Результати розрахунків наведено на рисунках 4.1,4.2.

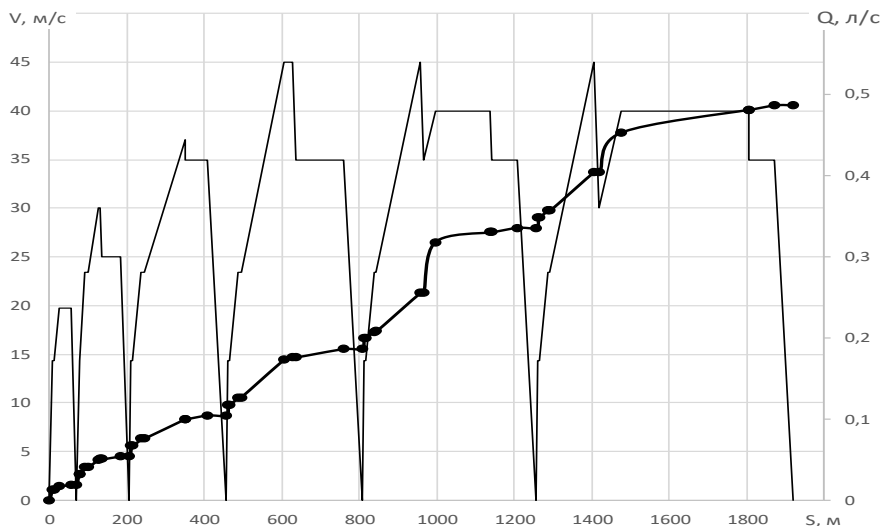


Рисунок 3.1 – Витрата палива за їздовим циклом, згідно ГОСТ Р 54810-2011 (ГОСТ 20306-90)

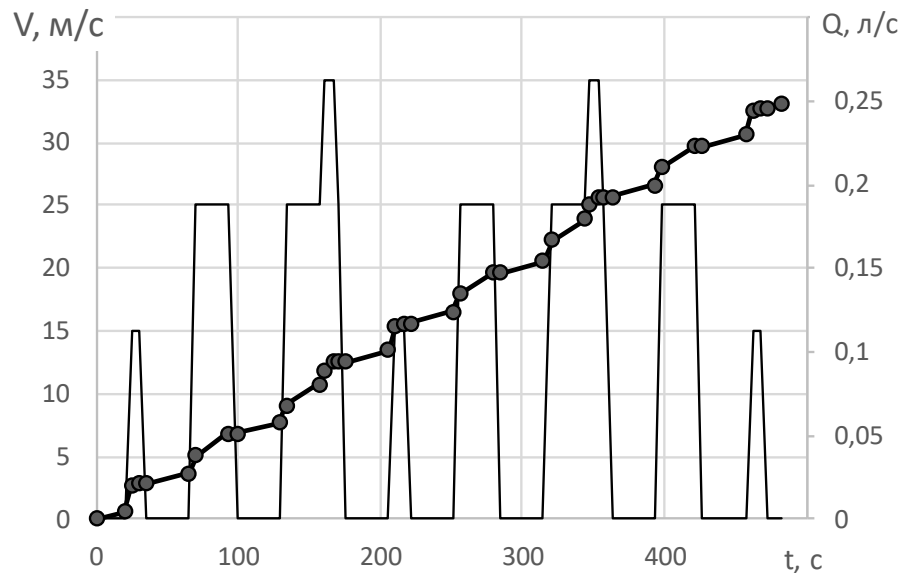


Рисунок 3.2 – Витрата палива за пропонованим їздовим циклом

З метою порівняння отриманих результатів доцільно скористатися витратою палива на 100 км.

Для приведення витрати палива за їздовий цикл до витрати палива на 100 км ( $Q_{100}$ ) використано відому з теорії автомобіля залежність:

$$Q_{100} = \frac{Q_{\text{ц}}}{L_{\text{ц}}} \cdot 100 \quad (3.9)$$

де:  $Q_{\text{ц}}$  - витрати палива за їздовий цикл, л;

$L_{\text{ц}}$  - довжина їздового циклу, км.

Довжина їздового циклу згідно ГОСТ Р 54810-2011 (ГОСТ 20306-90) становить 1920 м, а пропонованого 1273 м.

Таким чином витрата палива становитиме  $Q_{100} = 26,2$  л/100 км для їздового циклу згідно ГОСТ Р 54810-2011 (ГОСТ 20306-90) та  $Q_{100} = 20,5$  л/100 км для пропонованого їздового циклу.

Для перевірки адекватності отриманого (запропонованого) їздового циклу реальним умовам експлуатації здійснено порівняння витрати палива  $Q_{100}$  із реальними витратами палива автобусами, які експлуатуються у м. Луцьк.

Таким чином в результаті проведених досліджень визначено наступні показники:

- витрата палива за стандартизованим їздовим циклом згідно ГОСТ Р 54810-2011 (ГОСТ 20306-90);
- витрата палива за пропонованим їздовим циклом;
- фактична витрата палива автобусами у м. Луцьк;
- (ДП «Автоскладальний завод № 1 публічного акціонерного товариства «Автомобільна компанія Богдан Моторс»).

Отримані дані та результати їх порівняння наведено нижче у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Порівняння витрати палива автобусами Богдан А 09202

Найменування показника	Значення	Відхилення від заводських даних	Відхилення від запропонованого їздового циклу
Витрата палива автобусами Богдан А 09202, згідно результатів замірів проведених виробником, л/100 км	23,4	0	-14,1
Витрата палива за стандартизованим їздовим циклом згідно ГОСТ Р 54810-2011 (ГОСТ 20306-90), л/100 км	26,2	+11,9	-27,8
Фактична витрата палива автобусами у м. Луцьк, л/100 км	21,61	-7,6	-5,41
Витрата палива за пропонованим їздовим циклом, л/100 км	20,5	-12,4	0

За результатами проведених досліджень встановлено, що відхилення витрати палива визначеної за пропонованих їздовим циклом становить 5,41 % від фактичної витрати палива автобусами у м. Луцьк та 14,1 % від витрати палива наданої виробником. На основі наведених даних можна вважати адекватним запропонований їздовий цикл для м. Луцьк.

## ВИСНОВКИ

1. Проведення експериментальних досліджень реальних режимів руху маршрутних транспортних засобів у м. Луцьк та обробка отриманих даних дозволили виявити найбільш характерні режими руху автобусів в умовах міста: холостий хід – 54 %, розгін – 18 %, рух з постійною швидкістю – 29 %, гальмування – 13 %.

2. За результатами обробки отриманих даних запропоновано їздовий цикл для маршрутних транспортних засобів, який має наступні характеристики: тривалість циклу – 482 с, протяжність циклу – 1120,4 м, середня швидкість руху – 19,6 км/год. За результатами отриманих даних створено та побудовано графічну і математичну модель їздового циклу, адаптовану під реальні режими руху у м. Луцьк.

3. З метою отримання можливості трансформування їздового циклу проведено дослідження коефіцієнтів рівнянь розгону та гальмування автобуса, а також встановлено їх залежність від умов руху, запропоновано схему побудови їздового циклу для конкретних умов експлуатації.

4. Здійснено розрахунок витрати палива за їздовим циклом, згідно ГОСТ Р 54810-2011 (ГОСТ 20306-90) та за запропонованим їздовим циклом. Таким чином витрата палива згідно ГОСТ Р 54810-11 (ГОСТ 20306-90) становить 26,2 л/100 км., за запропонованим їздовим циклом – 20,5 л/100 км., фактична витрата палива у м. Луцьк становить – 21,6 л/100 км.

5. За результатами проведених досліджень встановлено, що відхилення витрати палива визначеної за запропонованим їздовим циклом становить 5,41 % від фактичної витрати палива автобусами у м. Луцьк та 14,1 % від витрати палива наданої виробником. Відхилення витрати палива визначеної за їздовим циклом згідно ГОСТ Р 54810-11 (ГОСТ 20306-90) становить 17,5 % від фактичної витрати палива автобусами у м. Луцьк та 11,9 % від витрати палива наданої виробником.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Медведєв І., Павляшик С. Режими роботи гібридної силової установки транспортних засобів з електричним приводом / І. Медведєв, С. Павляшик // Тези VIII студентської науково-технічної конференції машинобудівного факультету “Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті”. Луцьк: Машинобудівний факультет, Луцький НТУ – 2017р. – с. 222 - 224.
2. Медведєв І., Павляшик С. Адаптація їздового циклу до реальних умов руху міських автобусів / І. Медведєв, С. Павляшик // Тези IX студентської науково-технічної конференції машинобудівного факультету “Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті”. Луцьк: Машинобудівний факультет, Луцький НТУ – 2018р.– с. 174 - 175.
3. Павляшик С. Проблема вибору рушія під час руху гібридного транспортного засобу / С. Павляшик // Прикладні науково-технічні дослідження: матеріали II міжнар. наук. - практ. конф., 3-5 квіт. 2018 р. – Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2018. – с. 165. ISBN 978-966-284-132-9
4. Дембіцький В.М., Мазилюк П.В., Павляшик С.М. Адаптація їздового циклу до реальних умов руху міських автобусів / В.М. Дембіцький, П.В. Мазилюк, С.М. Павляшик // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник — Луцьк: Луцький НТУ, 2018. № 62. – с. 98 – 102.
5. Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний: ГОСТ 20306 – 90. – [введен с 01.01.1992]. – М.: Изд – во стандартов, – 1991. – 34 с.
6. Автомобильные транспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний. ГОСТ Р 54810-2011 – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2012. – 23 с.
7. Крайник Л.В., Грубель М.Г. Багатофакторна оцінка та нормування паливної економічності вантажних автомобілів: Монографія. – Л.: Академія сухопутних військ, 2010. – 117 с.

8. Крайник Л.В., Грубель М.Г. Багатофакторне нормування витрат палива автомобілів в реальній експлуатації. – Х.: Автомобильный транспорт. Сборник научных трудов ХНАДУ. – Вып. 21. – 2007. – С. 43 – 48.

9. Дем'янюк В.А. Типові їздові цикли як база прогностичної оцінки експлуатаційних витрат палива автобусів / В.А. Дем'янюк, М.Ф. Боднар, Ю.Л. Крайник // Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів: Щорічний науково-виробничий журнал. – 2012. – Випуск 20. – С. 100 – 107.

10. Боднар М. Ф. "Формування типових їздових циклів та нормування витрати палива приміських та міжміських автобусів". – Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.02 – Автомобілі та трактори. – Національний університет "Львівська політехніка" Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України. – Львів, 2012.

11. Грубель М. Г. Диференційоване нормування лінійних витрат палива автобусів і вантажівок за різних умов руху / М. Г. Грубель, М. Ф. Боднар, Ю. Л. Крайник, А. М. Терещенко // Автошляховик України. - 2013. - № 6. - С. 16-21. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/au\\_2013\\_6\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/au_2013_6_6).

12. Сітовський О. Дослідження режимів руху маршрутних транспортних засобів у м. Луцьк / О. Сітовський, В. Дембіцький, А. Кашуба // Всеукраїнська науково-практична конференція "Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні (до 50-річчя інституту Укравтобуспром/ВКЕІавтобуспром)". Тези доповідей. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. – С. 17-19.

13. Результати розрахунків на математичній моделі руху автобуса під час роботи на традиційному нафтовому паливі та дизельному біопаливі / С. В. Ковбасенко, В. В. Сімоненко, С. Ю. Гутаревич // Автошляховик України. - 2015. - № 1-2. - С. 3-5. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/au\\_2015\\_1-2\\_2](http://nbuv.gov.ua/UJRN/au_2015_1-2_2).

14. Shaojun Zhang, Ye Wu, Huan Liu, Ruikun Huang, Liuhanzi Yang, Zhenhua Li, Lixin Fu, Jiming Hao, Real-world fuel consumption and CO2 emissions of urban



public buses in Beijing, Applied Energy, Volume 113, 2014, Pages 1645-1655, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.09.017>.

(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261913007642>)

15. Ma, Hongjie & Xie, Hui & Chen, Shuangxi & Yan, Ying & Huang, DengGao. (2014). Effects of Driver Acceleration Behavior on Fuel Consumption of City Buses. SAE Technical Papers. 1. . 10.4271/2014-01-0389.

16. André M. The ARTEMIS European driving cycles for measuring car pollutant emissions. // Science of The Total Environment. 2004. Vol. 334-335. P. 73-84.

17. Van Keulen T, De Jager B, Serrarens A and Steinbuch M (2010) Optimal Energy Management in Hybrid Electric Trucks Using Route Information, Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP, 65, 1, pp 103-113.

18. Society of Automotive Engineers (2002) J2711 Recommended Practice for Measuring Fuel Economy and Emissions of Hybrid- Electric and Conventional Heavy-Duty Vehicles, SAE Standard.

19. EPA Urban Dynamometer Driving Schedule (UDDS) for Heavy-Duty Vehicles. [Электронный ресурс]. Дата звернення: 02.01.2018 р. Режим доступу: <https://www.dieselnet.com/standards/cycles/udds.php>.

20. Запас хода електромобіля: ездорові цикли NEDC, EPA, WLTC и JC08 – який правильніший? [Електронний ресурс] – 2016 – Режим доступу: <https://ecotechnica.com.ua/stati/1854-zapas-khoda-elektromobilya-ezdovye-tsikly-nedc-epa-wltc-i-jc08-kakoj-pravilnee.html>. Дата звернення: 18.10.2018 р.

21. Смирнов А.А., Пикалов Н.А. Определение потребной энергоёмкости накопителей электробуса методами имитационного моделирования // Инженерный вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журнал. 2016. №12. Режим доступу: <http://engsi.ru/doc/851764.html>. Дата звернення 14.01.2018.

22. Автомобили с электрической тягой. Измерение энергетических характеристик: ГОСТ Р ЕН 1986-1 – [введен с 01.03.2012]. – М.: Изд – во стандартов, – 2011. – 19 с.

23. В.П. Сахно, Г.Б. Безбородова, М.М. Маяк, С.М. Шарай Автомобілі: Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність /Навч. посібник/ . – Київ: В-во «КВІЦ», 2004 174 с.

24. Моделювання технологічних процесів підприємств автомобільного транспорту. Методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів напряму підготовки 274 «Автомобільний транспорт» усіх форм навчання /уклад. В.М. Дембіцький – Луцьк: Луцький НТУ, 2018 р. – 64 с.

25. Мультимедійний автоматизований комплекс. Опис модулів в ГТ [Електронний ресурс] – 2018 – Режим доступу: [http://mak.lutsk.ua/info/page/opis\\_moduliv\\_v\\_gt-44/](http://mak.lutsk.ua/info/page/opis_moduliv_v_gt-44/). Дата звернення: 20.07.2018 р.

26. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля: Учебник для вузов. – СПб. БХВ-Петербург, 2006. – 478 с.

27. Дослідження процесу гальмування транспортних засобів з гідравлічним гальмівним приводом / А. І. Бондаренко, Карім Ассаф // Вісник НТУ «ХП». Серія: Транспортне машинобудування. – Х. : НТУ «ХП», 2013. – № 31 (1004). – С. 28–34.

28. Аналіз особливостей сучасних їздових циклів, що застосовуються для нормування токсичності відпрацьованих газів і оцінки паливної економічності автомобілів / М.Є. Якунін, О.Ю. Ребров, В.А. Насальський, Н.Б. Трофимова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Транспортне машинобудування. – Х. : НТУ «ХП», 2017. – № 14 (1236). – С. 98–103.

29. Богдан А 092. Технічні характеристики [Електронний ресурс] – 2018 – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Богдан\\_А092](https://uk.wikipedia.org/wiki/Богдан_А092). Дата звернення 15.09.2018 р.

## Додаток А - Технічні характеристики автобуса Богдан А 09202

Клас	міський автобус
Виробник	АТ "Черкаський автобус"
Рік випуску	з 2003 року
Кузов	одноланковий, несучий, вагонного компонування
Довжина, мм	7430
Ширина, мм	2390
Висота, мм	2750
Осі	2
Колісна база, мм	3815
Споряджена маса, кг	5250—5600
Повна маса, кг	8300
Передня колія, мм	1680
Задня колія, мм	1650
Двигун	Дизельний, ISUZU 4HG1-T
Розташування двигуна	спереду
Кількість циліндрів	4
Потужність, кВт	89
Коробка передач	ISUZU MYY5T
Передатні числа коробки передач	
I	5,315
II	3,053
III	1,655
IV	1
V	0,721
Передатне число головної передачі	4,777
Колеса	дискові/бездискові,(4×2)
Шини	215/75 R17,5
Витрати пального, л/100 км	23,4
Повна місткість, чол	до 43