

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний

(повне найменування факультету)

«Транспортні технології»

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на тему ОПТИМІЗАЦІЯ МЕРЕЖІ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У
ШЕВЧЕНКІВСЬКОМУ РАЙОНІ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ

Виконав: студент II курсу, групи Тз-313м

Спеціальності 275 «Транспортні технології
(за видами)»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
275.03 «Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)»

Сергій РОГОЗНИЙ

(прізвище та ініціали)

Керівник

Олексій КУЗЬКІН

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Олександр АРТЮХ

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет _____ Транспортний
Кафедра _____ «Транспортні технології»
Ступінь вищої освіти _____ магістр
Спеціальність _____ 275 «Транспортні технології (за видами)»
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) 275.03 «Транспортні технології (на
автомобільному транспорті)»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК

«01» листопада 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

РОГОЗНОГО Сергія Романовича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Оптимізація мережі пасажирських перевезень у Шевченківському районі міста Запоріжжя

керівник проєкту (роботи) д-р. техн. наук, проф. КУЗЬКІН Олексій Феліксович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» листопада 2024 року №487

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 16 грудня 2024 р.









3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуючі пасажиропотоки та обсяги перевезення пасажирів, існуючі типи пасажирського рухомого складу, існуючі техніко-економічні показники роботи автобусів на маршрутах

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 2. Основна частина, 2.1 Обстеження пасажиропотоків на ділянках маршрутної мережі та побудова картограми пасажиропотоків, 2.2 Оцінка якості транспортного обслуговування населення, 2.3 Вибір рухомого складу та структури його парку, 2.4 Розробка маршрутної мережі району, 2.5 Розрахунок потреби у рухомому складі на маршрутах, 3. Економічна частина, 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів)

Презентація магістерської роботи

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	КУЗЬКІН О.Ф., професор		
2	КУЗЬКІН О.Ф., професор		
3	ХАРЧЕНКО Т.В., старш. викл.		
4	ЛАЗУТКІН М.І., доцент		

7. Дата видачі завдання «01» листопада 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	28.10.2024-10.11.2024	
2	Основна частина	11.11.2024-15.12.2024	
3	Економічна частина	16.12.2024-29.12.2024	
4	Охорона праці	20.01.2025-26.01.2025	
5	Оформлення МР, перевірка МР на плагіат, отримання зовнішніх рецензій, захист магістерських робіт	27.01.2025-05.02.2025	

Студент(ка)

(підпис)

Сергій РОГОЗНИЙ

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Олексій КУЗЬКІН

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота: 87 с., 14 табл., 10 рис., 1 дод., 8 джерел.

АВТОБУС, МАРШРУТНА МЕРЕЖА, МАРШРУТНИЙ КОЕФІЦІЄНТ,
СОБІВАРТІСТЬ ПЕРЕВЕЗЕНЬ, ТРАМВАЙ, ЯКІСТЬ ОБСЛУГОВУВАННЯ

Об'єкт дослідження — мережа маршрутів міського пасажирського транспорту загального користування Шевченківського району міста Запоріжжя.

Мета роботи — аналіз існуючої маршрутної мережі автобусного та трамвайного транспорту у районі та розробка заходів, спрямованих на удосконалення організації транспортного обслуговування пасажирів Шевченківського району міста Запоріжжя.

Методи дослідження — у роботі застосовані методи візуального обстеження пасажирських потоків і аналітичні методи для визначення рівня якості обслуговування пасажирів міським громадським транспортом.

У магістерській роботі проаналізовано функціонування маршрутної мережі міського пасажирського транспорту загального користування у Шевченківському районі міста Запоріжжя, представленій автобусним та трамвайним видами транспорту. На підставі аналізу існуючої системи організації перевезень пасажирів та визначення рівня якості надання транспортних послуг мешканцям, запропоновані зміни у маршрутній мережі та заміна рухомого складу пасажирського транспорту на більш пасажиромісткий та такий, що забезпечує прийнятні інтервали руху і не створює перевантаження зупиночних пунктів громадського транспорту. Розраховано також собівартість перевезень пасажирів, тариф на перевезення пасажирів та заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

ЗМІСТ

	С.
Завдання на магістерську роботу.....	2
Вступ.....	7
1 Аналітична частина.....	8
1.1 Загальна характеристика Шевченківського району міста Запоріжжя....	8
1.2 Маршрутна мережа Шевченківського району та характеристика видів транспорту	10
1.2.1 Трамвай та трамвайна маршрутна мережа	10
1.2.2 Автобус та автобусна маршрутна мережа.....	12
1.3 Техніко-експлуатаційні показники маршрутної мережі району	24
1.4 Недоліки існуючої маршрутної мережі району та постановка задач роботи.....	32
2 Основна частина.....	33
2.1 Обстеження пасажиропотоків на ділянках маршрутної мережі та побудова картограми пасажиропотоків	33
2.2 Оцінка якості транспортного обслуговування населення	39
2.3 Вибір рухомого складу та структури його парку	43
2.4 Розробка маршрутної мережі району.....	44
2.5 Розрахунок потреби у рухомому складі на маршрутах	53
3 Економічна частина	60
3.1 Розрахунок капітальних вкладень	60
3.2 Розрахунок собівартості перевезень	60
3.3 Розрахунок вартості проїзду на маршрутах	69
3.4 Розрахунок доходу та прибутку від виконання перевезень	70
3.5 Розрахунок чистої поточної вартості проєктних рішень	72
4 Охорона праці і безпека у надзвичайних ситуаціях	74
4.1 Заходи з пожежної безпеки	75
4.2 Заходи з цивільного захисту	75

Висновки	77
Перелік джерел посилання	78
Додаток А.....	79

ВСТУП

Міський громадський транспорт забезпечує потреби мешканців та гостей міста у щоденних пересуваннях. Він надає можливості дістатися до місця роботи, навчання або з іншими потребами усім охочим, незалежно від наявності індивідуальних засобів пересування, віку та статі, доходів та способу життя.

Рівень якості надання послуг міським громадським транспортом залежить від належної організації перевезень, керівним та визначальним органом якого є організатор регулярних перевезень. У містах ця функція покладена на місцеві органи виконавчої влади. Саме вони визначають маршрутну схему, частоту руху на окремих маршрутах, розподіл поїздок між різними видами транспорту, утримання зупинок на маршрутній мережі та інші техніко-експлуатаційні показники маршрутної системи міського громадського транспорту. Не у меншій мірі якість обслуговування пасажирів залежить від транспортних підприємств-перевізників, які повинні забезпечувати рух транспорту у відповідності до встановлених розкладів і графіків руху, забезпечувати технічну справність рухомого складу та комфортні умови поїздок пасажирів.

При розробці заходів з удосконалення організації перевезень на міському пасажирському транспорті необхідно враховувати, що час, який пасажир витрачає на поїздку у міському транспорті, здебільшого використовується непродуктивно, тож кожен користувач послуг міського пасажирського транспорту прагне його мінімізувати. З точки зору тривалості підходу пасажирів до зупинок, найважливішим показником є розвиток маршрутної мережі, з точки зору очікування транспорту — інтервал руху на маршрутах та відсутність відмов у посадці, з точки зору руху — прийнятна швидкість сполучення на маршрутах.

У даній магістерській роботі розглянута маршрутна мережа Шевченківського району міста Запоріжжя та запропоновані заходи щодо її оптимізації.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальна характеристика Шевченківського району міста Запоріжжя

Шевченківський район міста Запоріжжя є одним із найбільших районів міста. Територія сучасного Шевченківського району Запоріжжя колись належала до Сталінського району, а з 1961 року – до складу Жовтневого району міста. Шевченківський район було створено Указом Президії Верховної Ради Української РСР від 30 грудня 1962 року. Район названий на честь видатного українського поета Тараса Григоровича Шевченка.

Загальна площа Шевченківського району складає 98 квадратних кілометрів. Район має спільну межу з Комунарським, Заводським та Олександрівським районами міста. Загальна кількість працюючих підприємств різних форм власності у районі становить 1295, основний обсяг виробництва промислової продукції району забезпечують 19 підприємств, у тому числі 4 у галузі машинобудування та металообробки, один у галузі будівельних матеріалів.

Загальна площа асфальтобетонного покриття доріг складає 1062924 км², доріг із твердим покриттям – 887712 км². У районі налічується 432 вулиці завдовжки 309,3 км. Житловий фонд району складає 1637,7 тис. м².

Кількість населення Шевченківського району за даними Всеукраїнського перепису населення 2001 року становила 159 703 особи (86 311 жінок та 73 392 чоловіків). Станом на 01.12.2016 року чисельність населення району становить приблизно 151 тис. осіб.

У районі налічується 31 середній навчальний заклад, 18 дошкільних навчальних закладів, 2 школи-інтернати, 2 санаторії, 1 технікум (Авіаційний коледж ім. О. Г. Івченка), 3 професійно-технічні училища та ліцея, 6 бібліотек, 6 клубів, 4 центри культури та дозвілля, 8 установ охорони здоров'я.

У табл. 1.1. та табл. 1.2 наведено соціальний склад проживаючого в районі населення.

Таблиця 1.1 — Соціальна структура населення

Категорія населення	Кількість жителів, осіб
Пенсіонери	43 050
Студенти	2 925
Безробітні	4 401

Таблиця 1.2 – Пільгові категорії населення у загальній чисельності населення Шевченківського району

Категорія населення	Кількість мешканців, осіб.
Усього пенсіонерів	43040
Учасники Другої світової війни	5710
Учасники бойових дій	1395
Інваліди з числа військовослужбовців	680
Колишні в'язні концтаборів	765
Самотній громадяни похилого віку	628
Інваліди дорослі	7225
Реабілітовані громадяни та члени їхніх сімей	10
Чорнобильці (постраждали), у тому числі діти	585
Батьки військовослужбовців, які загинули у мирний час під час проходження строкової служби у лавах Збройних сил України	17
Діти-сироти	189
Діти-інваліди	295
Сім'ї загиблих та померлих інвалідів війни (і ветеранів)	1032
Діти з неповних сімей	315
Багатодітні сім'ї	54
Діти з багатодітних сімей	190
Самотні багатодітні матері	18

1.2 Маршрутна мережа Шевченківського району та характеристика видів транспорту

Потреби у міських пересуваннях мешканців Шевченківського району міста Запоріжжя задовольняються двома видами міського транспорту – автобусним (включаючи маршрутні таксі) та трамвайним.

1.2.1 Трамвай та трамвайна маршрутна мережа

Трамвай – вуличний рейковий вид транспорту із загальним або відокремленим колійним полотном переважно наземного виконання. Внаслідок зв'язку з рейковою колією рухомий склад трамвая характеризується низькою маневреністю. Позбавлений можливості руху внаслідок пошкодження ходових частин або з інших причин він закриває рух на лінії інших трамваїв, утворюючи їх скупчення у разі виходу одиниці рухомого складу з ладу. Тому до рухомого складу трамвая висуваються більш високі вимоги порівняно з тролейбусами та автобусами.

Мінімальні радіуси кривих на експлуатаційних коліях трамвая сягають 20 м., ширина трамвайних вагонів не перевищує 2,5 м, їх довжина з жорстким кузовом складає 15 ... 15,5 м. Провізна спроможність трамвайних ліній є суттєво нижчою порівняно з поїздами метрополітенів і складає 7–9 тис. пасажирів на годину, двовагонних поїздів та шарнірно-зчленованих вагонів – 10–15 тис. пасажирів на годину. Трамвайні колії укладають на ділянках із стійким пасажиропотоком не менше 3,5–4,5 тис. пасажирів на годину в одному напрямку руху. Як основний вид міського транспорту трамвай доцільно застосовувати на напрямках із пасажиропотоком до 12 тисяч пасажирів на годину.

До основних недоліків міського трамвая належать, зокрема, низька швидкість сполучення та експлуатаційна швидкість; перешкоди руху нерейкового транспорту на перехрестях та затримки у зупиночних пунктів при нешироких вулицях, значний шум та вібрація під час руху.

Мережа трамвайного транспорту району представлена чотирма трамвайними маршрутами:

- а) маршрут №10 – Майдан Волі – М'ясокомбінат;
- б) маршрут №12 – Майдан Волі – Кільце «Зелений Яр»;
- в) маршрут №14 – Запоріжцирк – Автострада;
- г) маршрут №15 – Площа Свободи – Шевченківський район.

Всі трамвайні маршрути мають зупиночний пункт (з диспетчерським контролем) на Майдані Волі, а закінчуються оборотними кільцями.

Трамвайні маршрути №10, 12, 14 та 15 обслуговує рухомий склад трамвайного парку №1. На маршрути виходять трамвайні вагони та склади марок Tatra T3SU, Tatra T6B5, Tatra KT4D, технічні характеристики яких наведені у таблиці 1.3., Схема трамвайного вагона Tatra T6B5 наведена на рис. 1.1.

Таблиця 1.3 – Характеристика трамвайних вагонів Tatra T3SU та Tatra T6B5

Характеристика	Значення для вагонів	
	T3SU	T6B5
1. Довжина по осях автозчепів, мм	15200	16400
2. Довжина кузова, мм	14000	15300
3. Ширина кузова, мм	2500	2500
4. Висота кузова, мм	3050	3145
7. Місце для сидіння	36	40
8. Стоячих місць	59	80
9. Кількість та потужність двигунів, кВт	4x40	4x45
10. Конструктивна швидкість, км/год	55	65

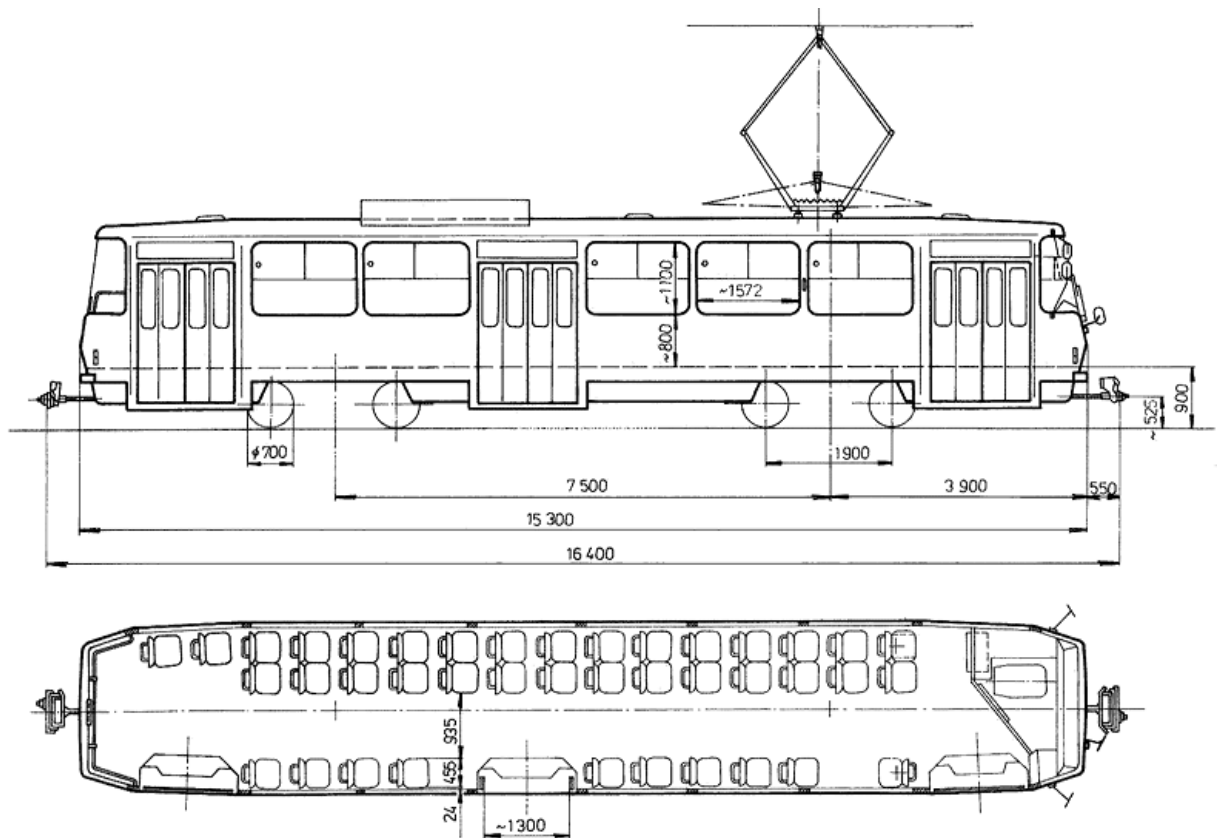


Рисунок 1.1 – Схема трамвайного вагона Tatra T6B5

1.2.2 Автобус та автобусна маршрутна мережа

Автобус — безрейковий вуличний вид транспорту з автономним енергопостачанням. Це визначає високу маневреність автобусів і водночас дещо знижені вагові характеристики. Автобуси не вимагають спорудження колійних пристроїв, рух автобусів організують по дорожньому полотну міських вулиць. Таким чином, автобус не вимагає великих витрат на облаштування транспортної мережі. Висока маневреність автобусів забезпечує можливість легкої зміни його транспортної мережі та маршрутної системи відповідно до сезонного, тижневого та добового коливання пасажиропотоків. Головні недоліки автобусів із двигунами внутрішнього згорання — забруднення атмосфери продуктами згорання автомобільних палив, порівняно низька провізна здатність та високі рівні шуму. Провізна

спроможність автобусів нижча за провізну спроможність трамвая – 6 ... 8 тис. пасажирів на годину в одному напрямку руху, які за мінімально допустимого інтервалу руху за 1 хв (інтенсивність руху 60 машин/год) вимагають використання автобусів особливо великої місткості 100–140 пасажирів. Зазвичай автобуси великої місткості (70-80 пасажирів при нормальному наповненні) освоюють при максимальній частоті руху 60 машин на годину пасажиропотік 4,2-4,8 тис. пасажирів на годину (в одному напрямку руху), середньої місткості (40-50 пасажирів при нормальному наповненні) – 2,4–3,0 тис. пасажирів на годину, малій (25–30 пасажирів за нормального наповнення) – 1,5–1,8 тис. пасажирів на годину, особливо малої місткості (10–13 пасажирів) – 0,6–0,7 тис. пасажирів на годину.

Мережа автобусного транспорту Шевченківського району представлена 26 маршрутами. З цієї кількості маршрутів 4 маршрути лише із звичайним (позупинковим) режимом руху, 15 – з комбінованим режимом руху (позупинковий режим та режим маршрутного таксі) та 7 – лише з режимом руху маршрутного таксі.

Щодня на маршрути, що обслуговують Шевченківський район, виходить близько 280 одиниць рухомого складу, з яких 48 (17%) – автобуси класу 1 (середньої та великої місткості) та 230 (83%) – автобуси класів А та В (малої та особливо малої місткості). Середня тривалість оборотного рейсу для маршрутів, що обслуговують район становить близько 80 хвилин. На маршрутах за добу виконується понад 2000 оборотних рейсів.

На маршрутах працюють 7 перевізників різної форми власності, з яких 1 приватний підприємець (ФОП), 4 товариства з обмеженою відповідальністю (ТОВ), 1 комунальне підприємство (КП), 1 приватне акціонерне товариство (ПрАТ), Перелік автобусних маршрутів, що обслуговують населення Шевченківського району, із зазначенням режиму руху, перевізника, кількості одиниць та класу рухомого складу, оборотних рейсів за добу та тривалості оборотного рейсу наведено у табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Автобусні маршрути загального користування, що обслуговують Шевченківський район

№ маршруту	Режим руху	Перевізник	Кінцеві пункти маршруту	Кількість та клас транспортних засобів	Кількість оборотних рейсів за добу	Час зворотного рейсу, хв.
1	2	3	4	5	6	7
4	ЗВ	ТОВ «Запорізькі автомобільні лінії»	вул. Гарнізонна – пр. Металургів	4 од. класу 1	20	91
	МТ	ТОВ «Запорізькі автомобільні лінії»	вул. Гарнізонна – пр. Металургів	12 од. класу В, А, 1	120	81
5	ЗВ	ТОВ «Юністар-Авто»	вул. Олімпійська – Автострада	3 од. класу 1	28	60
	МТ	ТОВ «Юністар-Авто»	вул. Олімпійська – Автострада	3 од. класу В, А, 1	60	40
5А	ЗВ	ТОВ «Юністар-Авто»	вул. Олімпійська – Автострада	3 од. класу 1	28	60
	МТ	ТОВ «Юністар-Авто»	вул. Олімпійська – Автострада	3 од. класу В, А, 1	33	40

Продовження таблиці 1.4.

1	2	3	4	5	6	7
6	ЗВ	ТОВ «Фенікс-Авто»	вул. Авраменка – Обласна бібліотека	1 од. класу 1	10	58
	МТ	ТОВ «Фенікс-Авто»	вул. Авраменка – Обласна бібліотека	1 од. класу В, А, 1	12	58
9	ЗВ	ТОВ «Юністар-Авто»	вул. Олімпійська – вул. Маковського	4 од. класу 1	19	140
	МТ	ТОВ «Юністар-Авто»	вул. Олімпійська – вул. Маковського	20 од. класу В, А, 1	150	107
12	ЗВ	ТОВ «Запорізькі автомобільні лінії»	Сел. Будівельників – Міськпаливо	1 од. класу 1	6	50
	МТ	ТОВ «Запорізькі автомобільні лінії»	Сел. Будівельників – Міськпаливо	1 од. класу В, А, 1	10	50
13	ЗВ	ТОВ «Автостандарт»	Міськпаливо - Матвіївське кладовище	1 од. класу 1	14	56
	МТ	ТОВ «Автостандарт»	Міськпаливо – Ст. «Запоріжжя-Ліве»	6 од. класу В, А, 1	60	46

Продовження таблиці 1.4.

1	2	3	4	5	6	7
19	МТ	ПрАТ «ЗАТП-12329»	пл. Запорізька – Запоріжсталь	6 од. класу В, А, 1	50	112
22	МТ	ФОП Микитенко	Річковий вокзал – Мокрянський кам. кар'єр	9 од. класу В, А, 1	70	80
23	МТ	ТОВ «Запорізькі автомобільні лінії»	вул. Запорізька – вул. Б. Завади	12 од. класу В	100	70
25	ЗВ	ТОВ «Автостандарт»	Міськпаливо – вул. Тарасівська	1 од. класу 1	2	70
	МТ	ТОВ «Автостандарт»	Міськпаливо – вул. Тарасівська	1 од. класу В, А, 1	12	80
32	ЗВ	ТОВ «Автостандарт»	вул. Панфьорова – Міськпаливо	1 од. класу 1	7	50
	МТ	ТОВ «Автостандарт»	вул. Панфьорова – Міськпаливо	2 од. класу В, А, 1	30	50
35	ЗВ	ТОВ «Запорізькі автомобільні лінії»	вул. Гарнізонна – вул. Олімпійська	1 од. класу 1	4	68

Продовження таблиці 1.4.

1	2	3	4	5	6	7
35	МТ	ТОВ «Запорізькі автомобільні лінії»	вул. Гарнізонна – вул. Олімпійська	12 од. класу В, А, 1	160	60
37	ЗВ	ТОВ «Запорізькі автомобільні лінії»	4-й Південний мкрн. - вул. Гарнізонна	2 од. класу 1	12	116
	МТ	ТОВ «Запорізькі автомобільні лінії»	4-й Південний мкрн. - вул. Гарнізонна	2 од. класу В, А, 1	16	130
42	МТ	ПрАТ «ЗАТП 12329»	3-й Південний мкрн – вул. І. Сікорського	10 од. класу В, А, 1	90	70
44	ЗВ	ТОВ «Фенікс-Авто»	Тепличний комбінат – Міськпаливо	1 од. класу 1	8	86
	МТ	ТОВ «Фенікс-Авто»	Тепличний комбінат – Міськпаливо	1 од. класу В, А, 1	11	70
53	ЗВ	ТОВ «Автостандарт»	вул. Маковського – Школа № 2	2 од. класу 1	18	50
	МТ	ТОВ «Автостандарт»	вул. Маковського – Школа № 2	2 од. класу В, А, 1	22	50

Продовження таблиці 1.4.

1	2	3	4	5	6	7
56	ЗВ	ЗКПМЕТ «Запоріжелектротранс»	Комбінат «Запоріжсталь» – Центральна прохідна	2 од. класу І	15	70
57	МТ	ТОВ «Автостандарт»	Міськпаливо – К-т «Запоріжсталь»	6 од. класу В	78	40
60	ЗВ	ФОП Микитенко	Міськпаливо – вул. Авраменка	1 од. класу І	5	30
	МТ	ФОП Микитенко	Міськпаливо – вул. Авраменка	1 од. класу В	16	30
69	МТ	ФОП Микитенко	пл. Запорізька – пров. Квітковий	15 од. класу В	52	80
72	ЗВ	ЗКПМЕТ «Запоріжелектротранс»	Бородінський ринок – вул. Пархоменка	7 од. класу І	33	190
74	МТ	ТОВ «Фенікс-Авто»	Ст. Запоріжжя-Ліве – 4-й Південний мкрн	20 од. класу В, А, 1	32	86
89	ЗВ	ПрАТ «ЗАТІ 12329»	Річковий порт – вул. Маковського	7 од. класу І	42	80

Кінець таблиці 1.4.

1	2	3	4	5	6	7
89	МТ	ПрАТ «ЗАТП 12329»	Річковий порт – вул. Маковського	12 од. класу В, А, 1	140	70
94	ЗВ	ЗКПМЕТ «Запоріжелектротранс»	вул. Б. Завади – Сімферопольське шосе	5 од. класу І	29	150
98	ЗВ	ЗКПМЕТ «Запоріжелектротранс»	пр. 40-річчя Перемоги – Аеропорт	1 од. класу І	4	140

Рухомий склад, що обслуговує район, різноманітний за марками та пасажиромісткістю.

Рухомий склад особливо малого класу представлений автобусами ГАЗ-3221 та його модифікаціями – автобусами РУТА-22, 25, Інва (рис. 1.2).

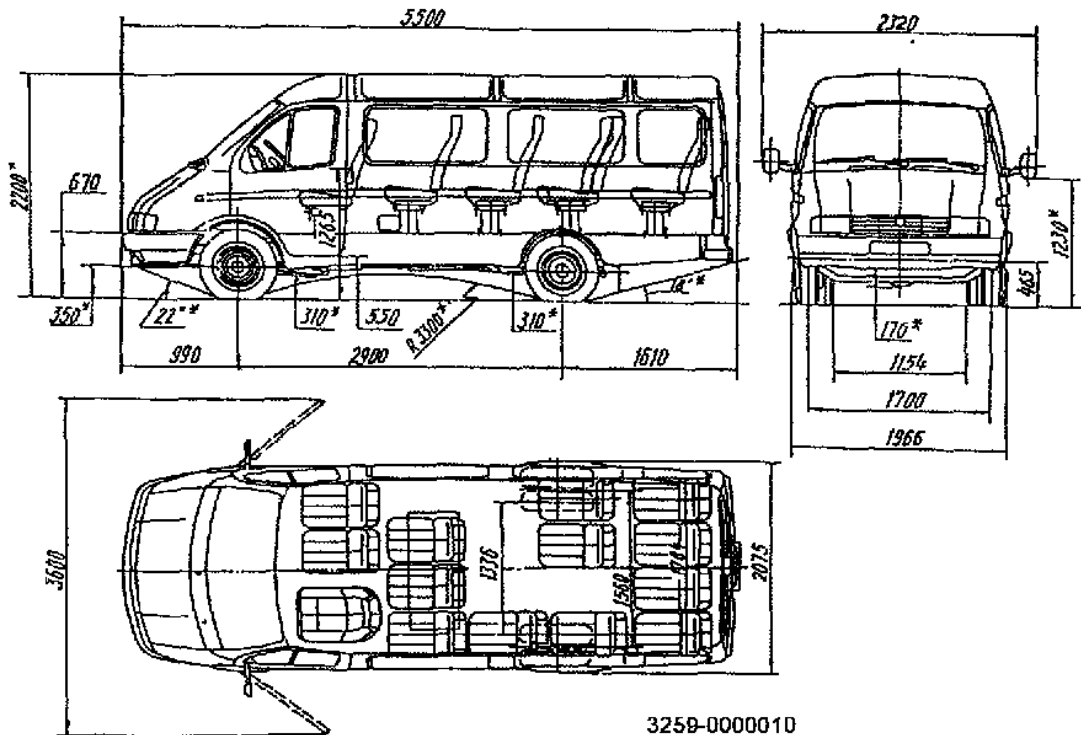


Рисунок 1.2 – Схема та планування базового автобуса ГАЗ-3221

Основні технічні характеристики автобуса: пасажиромісткість 12 пас., Споряджена маса 2480 кг, повна маса 3500 кг, нормативна витрата палива 19,4 л/100 км.

Рухомий склад малої місткості представлений автобусами Mercedes Sprinter та Volkswagen LT-35. Здебільшого це переобладнані на пасажирські автобуси вантажопасажирські автомобілі.

Кількість місць для сидіння в автобусах – 18 пасажирів (6 рядів сидінь, 2 ряди сидінь з лівого боку автобуса та 1 ряд сидінь з правого автобуса). У пікові періоди доби, що відповідають максимальній потужності пасажиропотоку,

максимальне наповнення автобусів сягає 35 осіб за рахунок пасажирів, які стоять у проході між рядами сидінь та на підніжці передніх пасажирських дверей.

Схеми та планування автобусів MS Sprinter та VW LT наведені на рис. 1.3–1.4.

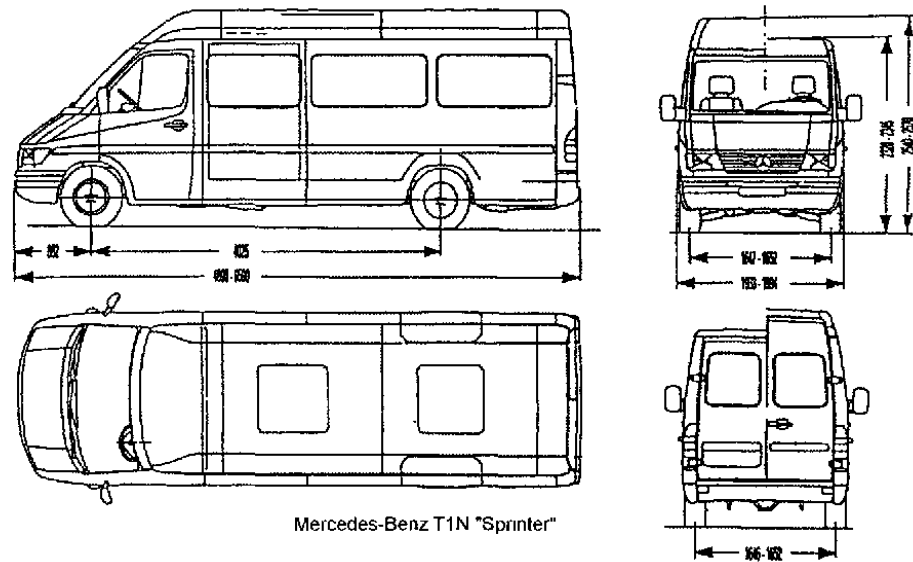


Рисунок 1.3 – Схема та планування автобуса MS Sprinter

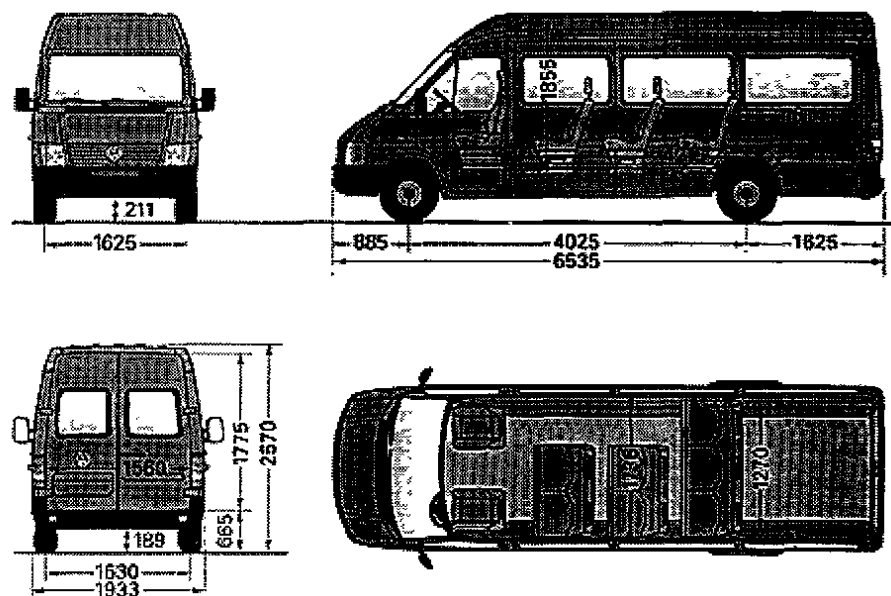


Рисунок 1.4 – Схема та планування автобуса VW LT-35

Технічні характеристики автобусів Mercedes Sprinter та Volkswagen LT-35 наведено у табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Технічні характеристики мікроавтобусів

Характеристика	Значення для автобуса	
	MS Sprinter	VW LT
1. Габаритні розміри автобуса, мм:		
довжина	6595	6530
ширина	1995	1935
висота	2575	2575
2. Колісна база, мм	4020	4020
3. Маса спорядженого автобуса, кг	2205	2080
4. Кількість місць для сидіння	18 сид.	18 сид.
5. Загальна кількість місць	32 сид.+стоячи	32 сид.+стоячи

Рухомий склад середньої місткості представлений переважно автобусами БАЗ-А079 «Еталон», Богдан А092 та їхніми модифікаціями (табл. 1.6).

Таблиця 1.6 – Технічні характеристики автобусів середньої місткості

Характеристика	Значення для автобуса	
	БАЗ А079	Богдан А092
1. Габаритні розміри, мм:		
довжина	7150	7420
ширина	2240	2300
висота	2880	2740
2. Колісна база, мм	3800	3815
3. Маса спорядженого автобуса, кг	5030	5000
4. Кількість місць для сидіння	20 сид.	22 сид.
5. Загальна кількість місць	50 сид.+стоячи	46 сид.+стоячи

Рухомий склад великої місткості представлений автобусами МАЗ-103 та МАЗ-203 (рис. 1.5).

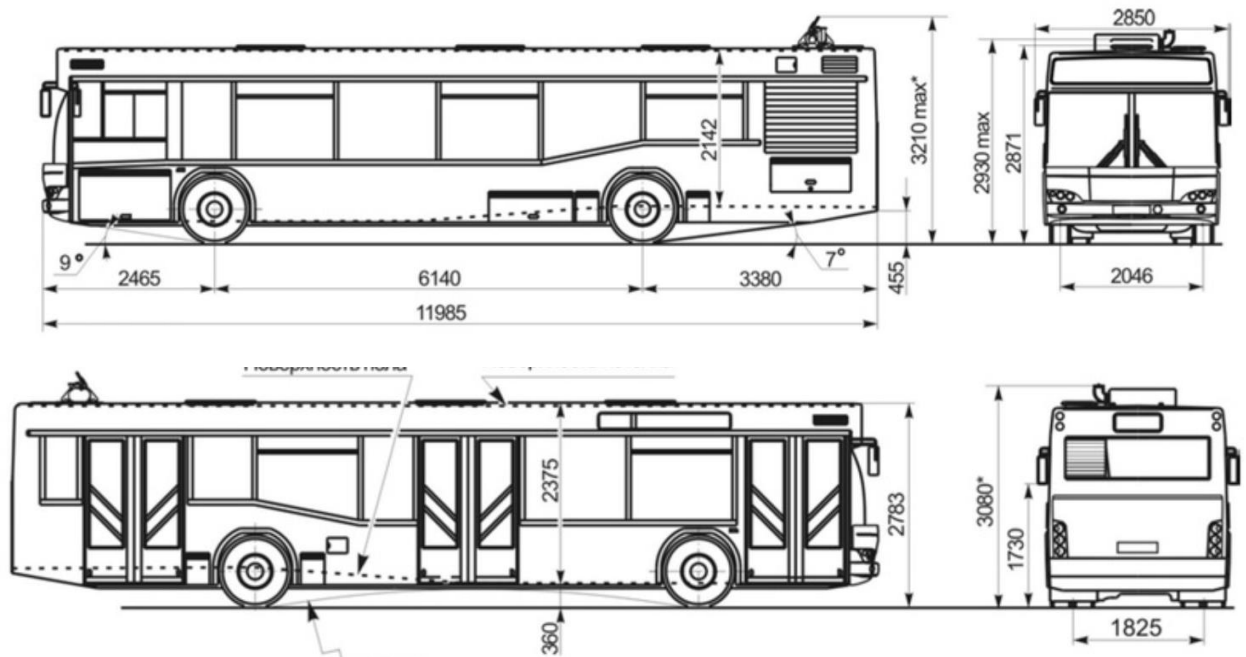


Рисунок 1.5 – Схема автобуса великої місткості МАЗ-103

Технічні характеристики автобусів великої місткості МАЗ-103, МАЗ-203 наведені у табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Технічні характеристики автобусів великої місткості

Характеристика	Значення для автобуса	
	МАЗ-103	МАЗ-203
1. Габаритні розміри, мм:		
довжина	11 985	12 000
ширина	2 500	2 550
висота	3 120 ... 3 400	3 200 ... 3 400
2. Колісна база, мм	6 140	5 900
4. Маса спорядженого автобуса, кг	11 100	11 340
5. Кількість місць для сидіння	21 ... 28	24 ... 39
6. Загальна кількість місць	84 ... 100	76 ... 100

1.3 Техніко-експлуатаційні показники маршрутної мережі району

Уяву про маршрутну мережу міського пасажирського транспорту дають її техніко-експлуатаційні показники, що мають описову, графічну чи числову форму та представлення. До таких основних характеристик відносяться:

а) кількість та перелік видів транспорту. Чим меншим є місто (за площею та населенням), тим менше видів транспорту обслуговує міські пасажирські перевезення. Шевченківський район м. Запоріжжя обслуговує автобусний та трамвайний види транспорту;

б) схеми маршрутів міського пасажирського транспорту загального користування. Представляють собою графічне зображення на плані району трас маршрутів у вигляді ліній, що збігаються з накресленнями вулиць та доріг, якими проходять ці маршрути. Траси маршрутів різних видів транспорту на схемах зазвичай зображуються різним кольором. Над лініями, що зображують збігаються траси кількох маршрутів одного виду транспорту, проставляються номери маршрутів.

На схемах маршрутів також вказується розташування кінцевих пунктів кожного маршруту (місця розвороту транспортних засобів) та всіх проміжних зупинок. Замість назв зупинок можуть бути позначені їх умовні номери, тоді розшифрування номерів наводиться у додатку до схеми. На схемі маршрутів показуються також напрями руху транспорту (для вулиць з одностороннім рухом), розташування диспетчерських пунктів та пристроїв контролю за рухом транспорту, транспортних підприємств, місць відстоювання рухомого складу, пункти пересадок з міського транспорту на приміський та міжміський транспорт. Схему маршрутної мережі автобусного транспорту Шевченківського району наведено на рис. 1.6;

в) довжина і щільність транспортної мережі. Транспортна мережа міського пасажирського транспорту включає всі ділянки вулиць, провулків, по яких здійснюється рух маршрутного пасажирського транспорту.



Рисунок 1.6 – Схема маршрутної мережі автобусного та трамвайного транспорту Шевченківського району міста Запоріжжя

Ділянки транспортної мережі приймаються у розрахунок лише один раз, незалежно від того, скільки видів транспорту та скільки маршрутів різних видів міського громадського транспорту одночасно по них проходить. Для Шевченківського району міста Запоріжжя визначаємо протяжність транспортної мережі

$$L_{\text{ММ}} = \sum_i l_i = 80,75 \text{ км.} \quad (1.1)$$

Щільність маршрутної мережі громадського транспорту δ (км/км²) визначається відношенням довжини маршрутної мережі $L_{\text{ММ}}$ (км) до площі забудованої (сельбищної) території міста чи району, який обслуговується громадським транспортом F_c (км²) та визначається за формулою

$$\delta = \frac{L_{\text{ММ}}}{F_c}. \quad (1.2)$$

Враховуючи, що сельбищна площа Шевченківського району міста Запоріжжя складає $F_c = 26,8$ км², щільність маршрутної мережі громадського транспорту, який обслуговує район, складає

$$\delta = \frac{80,75}{26,8} = 3,01 \text{ км/км}^2.$$

Щільність маршрутної мережі міського громадського транспорту безпосередньо характеризує насиченість території району транспортними артеріями та опосередковано впливає на середню відстань підходу пасажирів до зупинок міського пасажирського транспорту. Відповідно до вимог ДБН Б.2.2–12:2019 «Планування і забудова територій», щільність мережі ліній наземного громадського пасажирського транспорту на забудованих територіях слід приймати залежно від їхнього функціонального використання

та інтенсивності пасажиропотоків, як правило, у межах 1,5–2,5 км/км². При цьому необхідно дотримуватись нормативних відстаней підходу до зупинок громадського транспорту. У центральних районах великих та найбільших міст щільність мережі допускається збільшувати до 4–4,5 км/км². Значення щільності транспортної мережі для периферійних районів міста у межах $\delta = 0,7 \dots 1,0$ км/км² відповідає ширині зони пішохідної доступності 330 ... 460 м, що відповідає вимогам, згідно з якими дальність пішохідних підходів до найближчої зупинки громадського пасажирського транспорту не перебільшує 500 м. Таким чином, значення щільності транспортної мережі міського громадського транспорту у Шевченківському районі міста Запоріжжя перевищує значення, встановлене вимогами містобудівних норм. Маршрутна мережа громадського транспорту Шевченківського району є надмірною;

г) кількість та протяжність маршрутів. Кількість маршрутів певною мірою характеризує якість обслуговування пасажирів. Чим більше маршрутів, тим менше пересадок доводиться робити пасажиром при поїздках. З іншого боку, надмірно велика кількість маршрутів при обмеженій кількості рухомого складу призводить до великих інтервалів руху на окремих маршрутах, що збільшує витрати часу пасажирів на очікування прибуття транспортних засобів. У нашому випадку Шевченківський район міста Запоріжжя обслуговує 26 автобусних маршрутів та 4 трамвайні маршрути загального користування. Розподіл наявних автобусних маршрутів за їх окремими характеристиками наведений на рис. 1.7;

д) протяжність маршрутів L_{Σ} (км) є сумою довжин всіх маршрутів системи. При цьому під довжиною кожного маршруту розуміється відстань між його кінцевими пунктами, виміряна по трасі маршруту в одному напрямку руху на маршруті за один оборотний рейс. У разі, якщо траси маршруту у прямому та зворотному напрямках не співпадають, у розрахунок береться середнє арифметичне довжин маршруту за напрямками руху. На підставі маршрутної схеми та затверджених паспортів автобусних та трамвайних

маршрутів, які функціонують у Шевченківському районі міста Запоріжжя встановлюємо, що сумарна протяжність маршрутів району дорівнює $L_{\Sigma} = 253,1$ км;

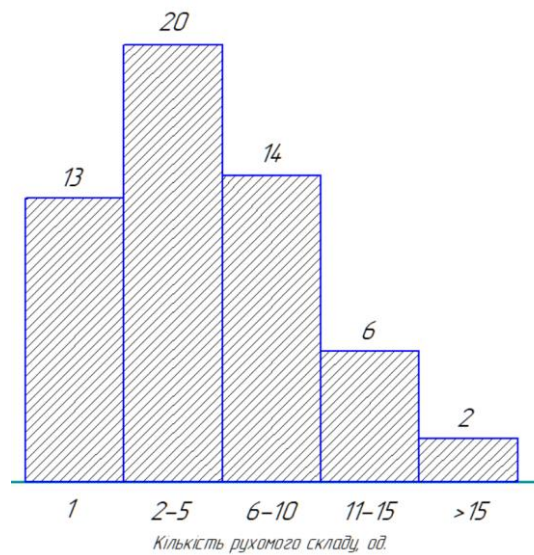
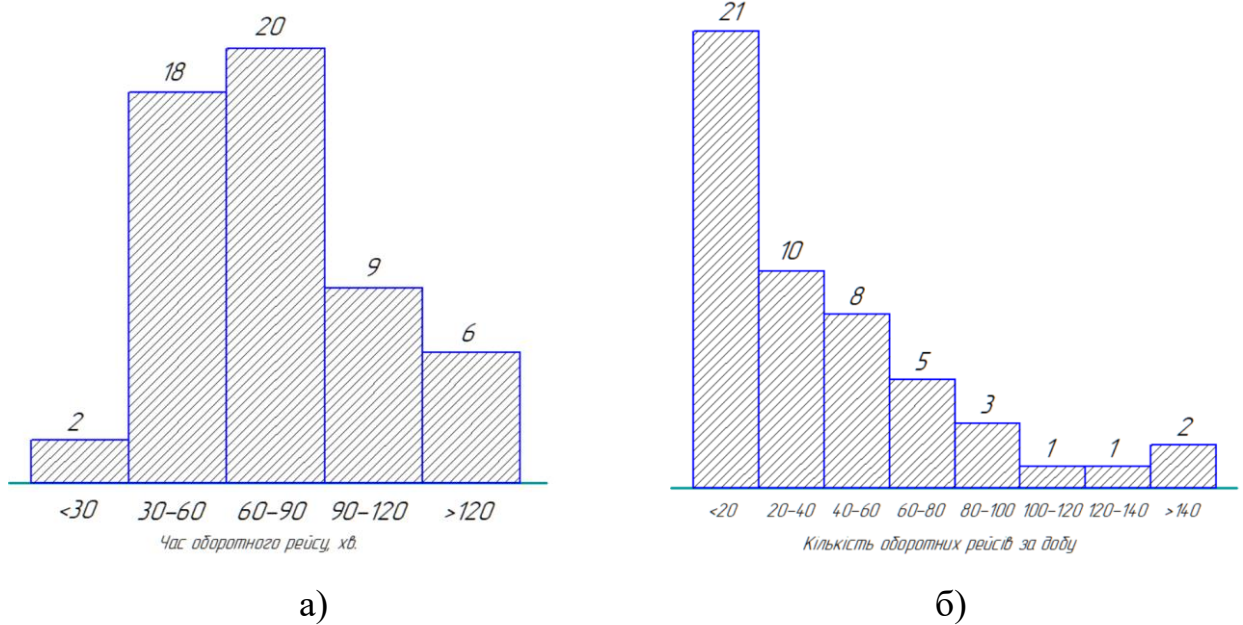


Рисунок 1.7 – Розподіл маршрутів, які обслуговують Шевченківський район, за часом оборотного рейсу (а), кількістю оборотних рейсів на добу (б) та кількістю рухомого складу (в)

е) маршрутний коефіцієнт мережі k_M визначається як відношення загальної довжини усіх маршрутів до довжини транспортної мережі та обчислюється за формулою

$$k_M = \frac{L_\Sigma}{L_{MM}}. \quad (1.3)$$

Маршрутний коефіцієнт показує, скільки маршрутів проходить у середньому кожною ділянкою маршрутної мережі довжиною у 1 км. Маршрутна мережа повинна охоплювати якнайбільше вулиць обслуговуваного району, тобто бути достатньо розгалуженою. Звідси випливає вимога до значення маршрутного коефіцієнта – він має бути достатньо високим. З іншого боку, у разі низького значення маршрутного коефіцієнта у пасажирів існує обмежений і невеликий вибір маршрутів для здійснення безпересадкових поїздок, що знижує якість транспортного обслуговування населення. Для Шевченківського району за протяжності маршрутів $L_\Sigma = 253,1$ км та довжини маршрутної мережі $L_{MM} = 80,75$ км величина маршрутного коефіцієнту становить

$$k_M = \frac{253,1}{80,75} = 3,14 \text{ км/км.}$$

Рекомендоване значення маршрутного коефіцієнту у містах складає $k_M = 2,5 \dots 4,5$, більші значення відповідають центральним частинам міста, менші – периферійним;

ж) інтервал руху пасажирських маршрутних транспортних засобів у найбільш завантажених перерізах маршрутної мережі. Середній інтервал руху рухомого складу на перегоні, через який проходить декілька маршрутів громадського транспорту, є величиною, зворотною мережевій частоті руху та визначається за формулою

$$I_{cp} = \frac{1}{\sum_{i=1}^M \left(\frac{1}{I_i} \right)} = \frac{1}{\sum_{i=1}^M \left(\frac{A_{\max}}{T_{об}} \right)}, \quad (1.4)$$

де M – загальна кількість маршрутів, що проходять через спільну ділянку маршрутної мережі;

I_i – мінімальний інтервал руху на i -му маршруті (зазвичай інтервал руху у години «пік»), хв.;

A_{\max} – максимальна кількість рухомого складу, який обслуговує маршрут (максимальний випуск на маршрут), од.;

$T_{об}$ – встановлена паспортом маршруту тривалість зворотного рейсу на маршруті, хв.

Аналізуючи маршрутну мережу Шевченківського району вибираємо найнапруженіші ділянки його маршрутної мережі. Дані про час оборотного рейсу та максимальну кількість рухомого складу приймаємо згідно з табл. 1.4 для ранкових годин «пік».

Ділянка Центральна прохідна – вул. Іванова. Номери маршрутів, що проходять ділянкою: 9, 12, 13, 22, 25, 32, 37, 42, 44, 56, 57, 60, 94. Середній мережевий інтервал руху на ділянці

$$I_{cp} = \frac{1}{\left(\frac{4}{126} + \frac{2}{58} + \frac{24}{122} + \frac{2}{50} + \frac{7}{51} + \frac{9}{80} + \frac{3}{50} + \frac{10}{70} + \frac{2}{78} + \frac{1}{30} + \frac{6}{30} + \frac{6}{39} \right)} = 0,856 \text{ хв.}$$

Ділянка Уральські казарми – вул. Іванова. Номери маршрутів, що проходять ділянкою: 4, 6, 23, 53, 69, 72, 74, 89, 98. Середній мережевий інтервал руху на ділянці

$$I_{cp} = \frac{1}{\frac{16}{86} + \frac{11}{96} + \frac{8}{112} + \frac{12}{70} + \frac{2}{75} + \frac{25}{80} + \frac{4}{125} + \frac{10}{112} + \frac{13}{90}} = 0,475 \text{ хв.}$$

Ділянка вул. Іванова – вул. Героїв 55 Бригади. Номери маршрутів, що проходять ділянкою: 9, 23, 25, 32, 42, 44, 53, 56, 57, 60, 72, 74, 89, 94. Середній інтервал руху на ділянці дорівнює

$$I_{cp} = \frac{1}{\frac{2}{58} + \frac{24}{122} + \frac{7}{51} + \frac{8}{112} + \frac{12}{70} + \frac{2}{75} + \frac{25}{80} + \frac{3}{50} + \frac{10}{70} + \frac{10}{112} + \frac{13}{90} + \frac{2}{78} + \frac{7}{80} + \frac{4}{50}} = 0,372 \text{ хв.}$$

Ділянка вул. Магістральна – Прохідна заводу «Іскра». Номери маршрутів, що проходять ділянкою: 4, 5, 5А, 12, 35, 37, 98. Середній мережевий інтервал руху на ділянці дорівнює

Таким чином, інтервали руху автобусів на найбільш завантажених перегонах маршрутної мережі менші за мінімальне значення, що приймається для автобусного транспорту 1 хв.

$$I_{cp} = \frac{1}{\left(\frac{4}{126} + \frac{16}{86} + \frac{6}{50} + \frac{6}{50} + \frac{11}{96} + \frac{2}{50} + \frac{10}{120} + \frac{1}{68} + \frac{12}{60} + \frac{4}{125} \right)} = 1,06 \text{ хв.}$$

Таким чином бачимо, що на усіх напружених за пасажиропотоком та кількістю маршрутів ділянках маршрутної мережі Шевченківського району міста Запоріжжя у ранкові години «пік» спостерігаються інтервали руху, які дорівнюють одній хвилині або менше її. Це значення знаходиться на межі значень пропускної спроможності автобусного транспорту. Наслідками цього є перевантаження зупинок рухом маршрутного транспорту, що створює незручності самим цим транспортним засобам, пасажиром, які очікують на зупинці та іншим учасникам дорожнього руху та пішоходам на цих ділянках маршрутної мережі.

1.4 Недоліки існуючої маршрутної мережі району та постановка задач роботи

В результаті аналізу існуючої маршрутної мережі громадського транспорту у Шевченківському районі міста Запоріжжя встановлено, що вона є надлишковою у частині щільності маршрутної мережі та інтервалів руху на найбільш завантажених спільних ділянках декількох маршрутів. Це забезпечує доволі велику кількість альтернативних безпересадочних шляхів прямування для пасажирів, але призводить до збільшення інтервалів руху і тривалості очікування транспорту на окремих маршрутах, перевантаження вулично-дорожньої мережі рухом громадського транспорту, незручності для пасажирів, маршрутних транспортних засобів та інших учасників дорожнього руху у зоні зупинок громадського транспорту.

Для покращення існуючої маршрутної мережі громадського автомобільного транспорту у магістерській роботі передбачається вирішення таких задач дослідження:

а) виконати обстеження пасажиропотоків на окремих ділянках та маршрутах мережі, що обслуговує Шевченківський район міста, та побудувати картограму пасажиропотоків району;

б) оцінити рівень якості транспортного обслуговування пасажирів у Шевченківському районі міста;

в) вибрати раціональний тип та пасажиромісткість рухомого складу для обслуговування пасажирів у районі;

г) розробити удосконалений варіант розвитку маршрутної мережі громадського транспорту Шевченківського району;

д) розрахувати потребу у рухомому складі на автобусних маршрутах, які обслуговують Шевченківський район;

е) виконати економічне обґрунтування пропонованих змін у маршрутній мережі Шевченківського району міста Запоріжжя.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Обстеження пасажиропотоків на ділянках маршрутної мережі та побудова картограми пасажиропотоків

Пасажиропотоком називається переміщення пасажирів у визначеному одному напрямку. Пасажиропотоки бувають сталими або тимчасовими, одnobічними та двобічними, рівномірними та нерівномірними, такими, що періодично виникають і зникають. Успішне вирішення питань раціональної організації пасажирських перевезень та підвищення ефективності використання рухомого складу пасажирського транспорту неможливе без постійного вивчення потужностей та коливань пасажирських потоків у межах функціонуючої маршрутної мережі.

При виборі методу обстеження перш за все беруть до уваги трудомісткість та вартість дослідження за умови отримання належних та точних відомостей, та можливості їх подальшого використання з метою удосконалення та організації перевезень пасажирів.

На даний час на практиці найчастіше використовуються наступні методи отримання інформації про пасажирські потоки: анкетний, талонний, лічильно-натурний (табличний) або візуальний.

Анкетний метод. Такий метод є універсальним та його особливістю є те, що визначення потреби пасажирів у перевезеннях можна здійснити без прив'язки до діючої маршрутної мережі міста або району. Крім того, з використанням цього методу є можливість врахувати не лише фактичні поїздки на транспорті загального користування, а й поїздки на відомчому транспорті і потенційні (нереалізовані) поїздки. Анкетне обстеження може бути як суцільним, із залученням усіх можливих респондентів, так і вибіркоким у межах обстежуваної території. Для отримання даних про пасажиропотоки за цим методом використовуються спеціально розроблені анкети, до яких заносяться питання щодо часу і напрямку поїздок з подальшою обробкою.

Талонний метод. Цей метод передбачає дослідження пасажирських потоків і пасажирських кореспонденцій шляхом використання спеціальних талонів, які видаються пасажиром при вході до транспортного засобу і забираються у пасажирів при виході з транспортного засобу. Талонний метод дозволяє отримувати низку корисних для використання на практиці даних: обсяги та коливання потужності пасажиропотоків на зупиночних пунктах, перегонах маршрутної мережі, напрямках руху, розраховувати по кожному маршруту і кожному рейсу середню відстань поїздки пасажиром для визначення тарифу на перевезення, встановлювати показники завантаження салону транспортних засобів пасажирами, пасажирообіг та транспортну роботу. Талонне обстеження може бути суцільним та вибіркоvim, що проводиться лише за окремими рейсами на окремих маршрутах міського пасажирського транспорту.

Табличний метод дослідження потужності пасажирських потоків полягає у отриманні даних про пасажироперевезення шляхом встановлення кількості пасажирів, що входять до транспортного засобу, і залишають його на кожній зупинці обстежуваного маршруту. Обстеження при цьому проводиться обліковцями, які можуть знаходитись як у салоні транспортного засобу, так і на зупинках, через які проходить обстежуваний маршрут. Як і попередні методи, табличне обстеження може бути суцільним чи вибіркоvim (у частині маршрутів, рейсів одного маршруту, днів обстеження протягом тижня). Величини пасажиропотоків у необстежені періоди приймаються за інтерполяцією даних за фактичними днями обстеження.

Візуальний метод є найменш трудомістким методом обстеження пасажирських потоків. Він дозволяє відносно швидко отримати інформацію про ступінь використання пасажиромісткості рухомого складу пасажирського транспорту шляхом візуального оцінювання наповнення салону обліковцями, які перебувають на найбільш пасажиронапружених зупиночних пунктах або перегонах обстежуваного маршруту або групи маршрутів. Для спрощення оцінювання ступеня наповнення салону обліковцями у разі використання

різномарочного рухомого складу використовують умовну бальну систему. Найбільше розповсюдження знайшла п'ятибальна система, у якій 0 балів відповідає порожній салон рухомого складу, а 5 балам – перевантажений салон рухомого складу. Надалі, знаючи марку рухомого складу та показники його пасажиромісткості здійснюється переведення бальних оцінок наповнення салону у фактичний пасажиропотік.

З перерахованих вище методів найменш трудомістким є візуальний метод. Для обстеження вибираємо найбільш пасажиронапружені ділянки маршрутної мережі Шевченківського району, що дозволяють визначити також напрямки кореспонденцій пасажирів відповідно до номерів маршрутів, що проходять через них.

Ділянка 1 – перехрестя вул. Карпенка-Карого та вул. Магістральної.

Ділянка 2 – перегін Центральна прохідна – Свято-Андріївський Собор.

Ділянка 3 – перегін вул. Іванова – пр. Моторобудівників

Ділянка 4 – перехрестя проспекту Соборного та вул. Української.

Ділянка 5 – перехрестя проспекту Соборного та вул. Троїцької.

Час проведення обстеження – будній день у ранковий час пік з 6:00 до 10:00. Обстеження проводилося в обидва напрямки руху маршрутних транспортних засобів. Під час обстеження для кожного автобуса, що проходив ділянку, фіксувалися такі дані: час проходження, номер маршруту, тип (марка) автобуса, візуальна оцінка заповнення салону автобуса в балах.

Під час обстеження було прийнято таку п'ятибальну систему:

0 балів – салон автобуса порожній;

1 бал – зайняті до половини місць для сидіння;

2 бали – зайняті більше половини місць для сидіння;

3 бали – зайняті всі місця для сидіння та до половини стоячих місць;

4 бали – автобус повністю заповнений, але увійти до автобуса можна;

5 балів – автобус перевантажений, увійти до автобуса неможливо.

Отримана кількість балів переводилася до пасажиропотоку відповідно до даних табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Розшифровка балів під час візуального обстеження пасажиропотоку

Марка автобуса	Кількість пасажирів у автобусі при його наповненні у балах				
	1	2	3	4	5
1. ГАЗ-3221 «Рута»	4	9	12	12	12
2. Mercedes Sprinter, VWLT35, БАЗ 2205	6	14	22	28	34
3. Богдан А092, Антон	13	26	31	36	42
4. БАЗ-А079	11	18	27	32	42
5. МАЗ-103, 203	15	24	47	60	85

Для подання результатів обстеження пасажиропотоків представляємо маршрутну мережу району у вигляді графа, наведеного на рис. 2.1.

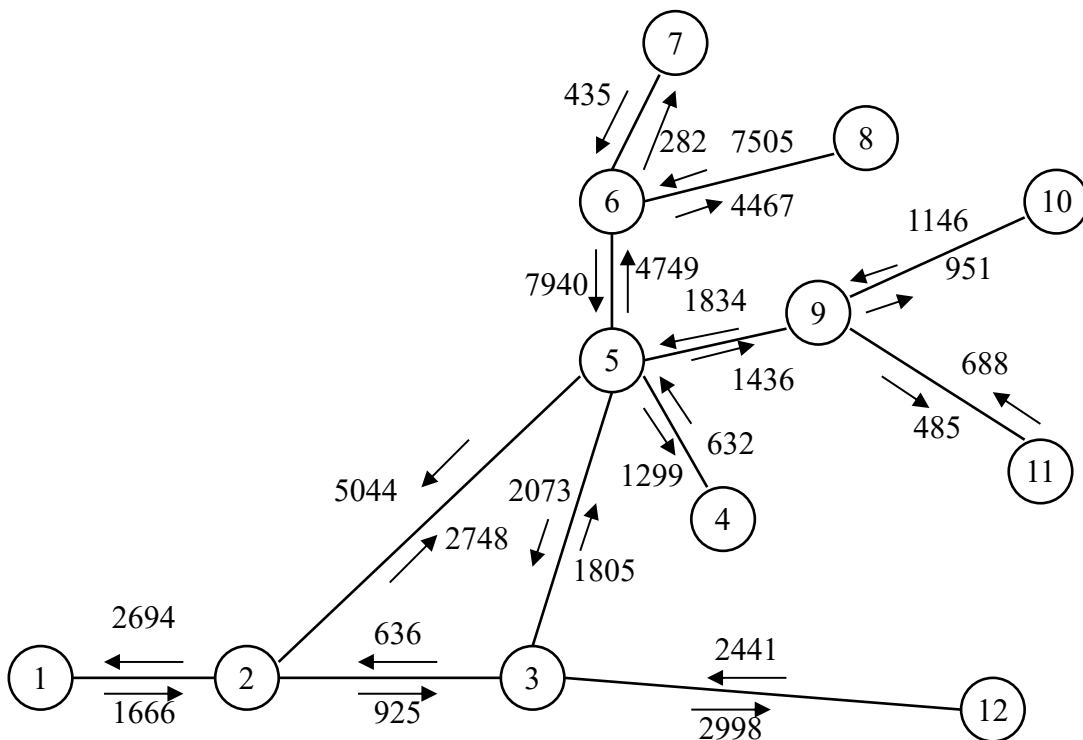


Рисунок 2.1 – Граф маршрутної мережі Шевченківського району

Граф маршрутної мережі є деякою кількістю вершин і ребер, що їх з'єднують. Вершини графа відповідають вузлам транспортної мережі району та характерним напрямам зародження та погашення пасажиропотоків:

1. Вознесенівський та Дніпровський райони міста.
2. Перехрестя пр. Соборного та вул. Української.
3. Перехрестя пр. Соборного та вул. Троїцької.
4. Зупиночний пункт «Міськпаливо» біля речового ринку по вул. Св. Миколая.
5. Перехрестя вул. Іванова та пр. Моторобудівників.
6. Перехрестя пр. Моторобудівників та вул. Героїв 55 Бригади.
7. Селище Зелений яр.
8. 2-й та 3-й мікрорайони Шевченківського району.
9. Перехрестя вул. Магістральної та вул. Карпенка-Карого.
10. Селище Леваневського, Аеропорт.
11. Селище Димитрова.
12. Зупиночний пункт «Автовокзал».

Ребра графа є транспортними зв'язками між вершинами мережі. Очевидно, граф є зв'язним, оскільки будь-яка з його вершин досяжна з будь-якої іншої вершини.

Результати обстеження пасажиропотоків у вигляді матриці пасажирських кореспонденцій наведено в табл. 2.2. За даними розрахованих пасажиропотоків у відповідності до матриці будуємо картограму пасажиропотоків (рис. 2.2). При побудові картограми пасажиропотоків витримуємо поперечний масштаб (1 мм на картограмі відповідає пасажиропотоку в 200 пасажирів), а вузли маршрутної мережі розташовуємо по можливості відповідно до їхнього розташування на плані міста. Дрібні струмені пасажиропотоків укрупнюємо. На картограмі також позначаємо усі транспортні вузли (ключові перехрестя, точки розгалуження та злиття пасажиропотоків тощо).

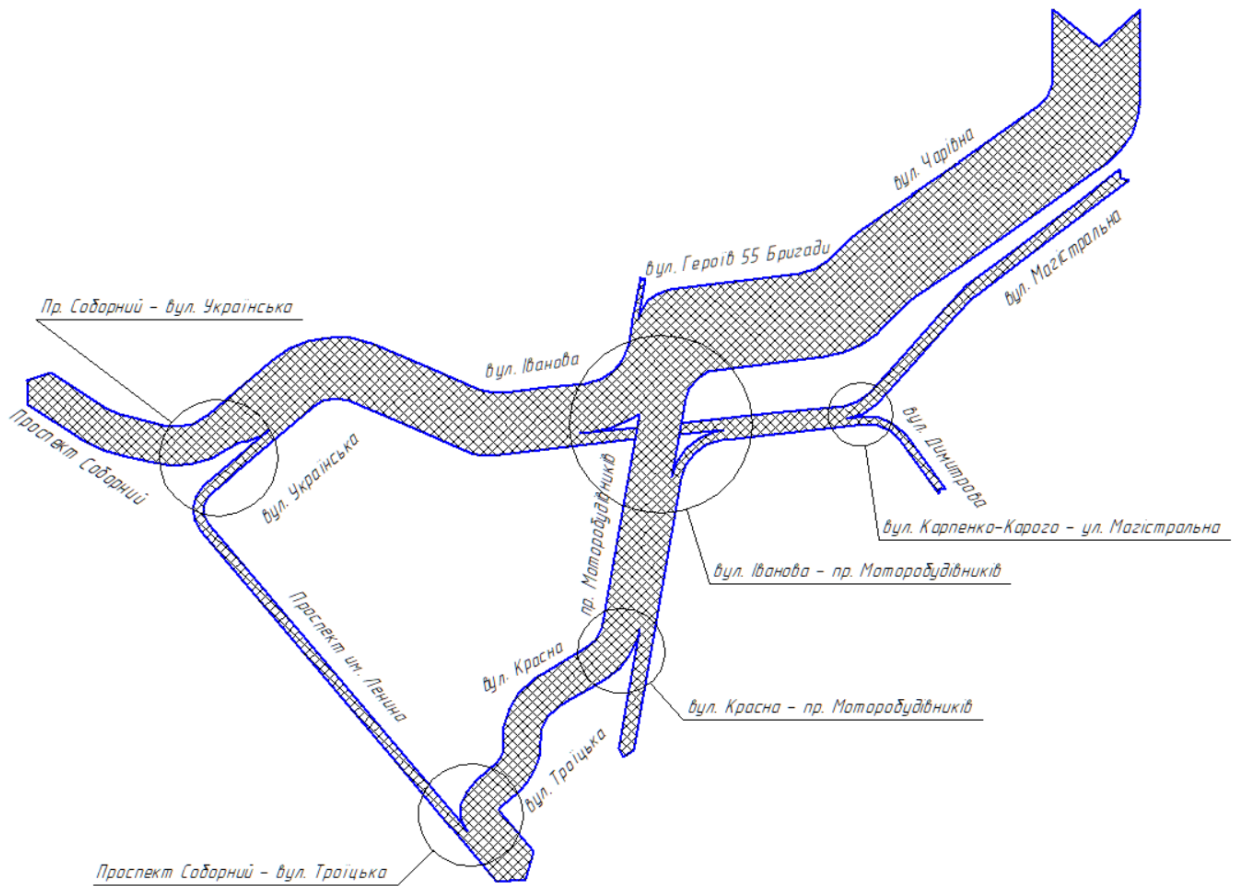
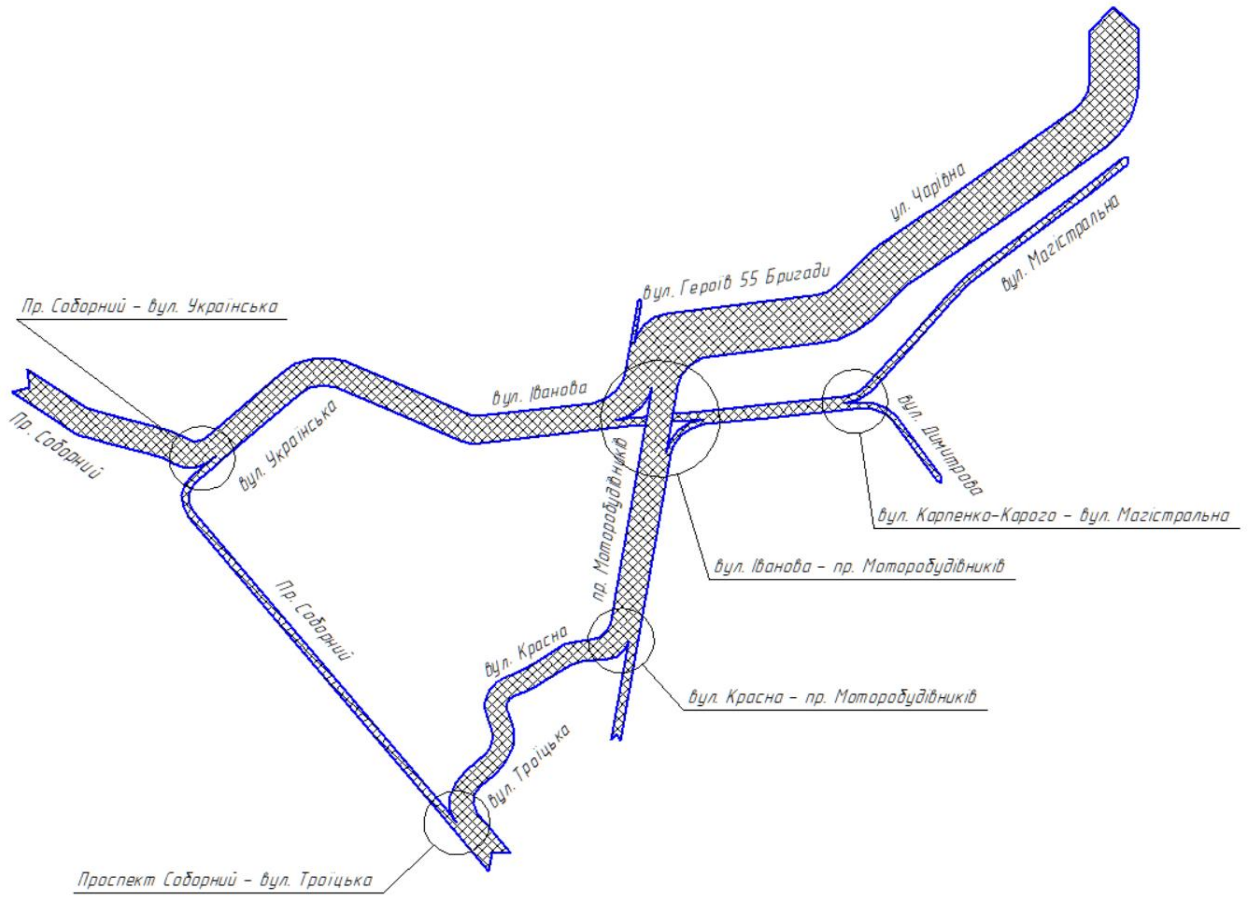


Рисунок 2.2 — Картограми пасажиропотоків

Таблиця 2.2 – Пасажиропотоки на ділянках маршрутної мережі за ранкову годину пік

Вузли відправлення	Вузли прибуття											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	×	1665										
2	2694	×	925		2748							
3		636	×		1805							2998
4				×	632							
5		5044	2073	1299	×	4749			1436			
6					7940	×	282	4467				
7						435	×					
8						7505		×				
9					1834				×	1146	485	
10									951	×		
11									688		×	
12			2441									×

2.2 Оцінка якості транспортного обслуговування населення

Показник якості транспортного обслуговування населення у містах виражається коефіцієнтом якості транспортного обслуговування та визначається відношенням величини витрат часу на поїздку у заданих умовах до витрат часу на поїздку у реальних (фактичних умовах)

$$k_k = \frac{t_{п.т.}}{t_{п.ф.}} . \quad (2.1)$$

Час, витрачений пасажиром на поїздку, визначається за формулою

$$t_{\Pi} = t_{\text{под}} + t_{\text{ож}} + t_{\text{дв}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{отк}}, \quad (2.2)$$

де $t_{\text{под}}$ — час на підхід до зупинки та на рух з місця висадки до місця призначення, хв;

$t_{\text{ож}}$ — час очікування посадки в автобус на зупинці, хв;

$t_{\text{дв}}$ — час поїздки в транспорті, хв.;

$t_{\text{пер}}$ — час пересадки на інший маршрут, хв;

$t_{\text{отк}}$ — додатковий час очікування транспорту через відмову у посадці внаслідок його перевантаження, хв.

Час на підхід до зупинки та з місця висадки до місця призначення визначається за формулою

$$t_{\text{под}} = 0,0015 \left(\frac{2000}{\delta} + \frac{1000 \cdot L_c}{N_{\text{ост}}} \right), \quad (2.3)$$

де $N_{\text{ост}}$ — кількість зупиночних пунктів на маршрутах.

$$t_{\text{под}} = 0,0015 \left(\frac{2000}{0,82} + \frac{1000 \cdot 80,75}{84} \right) = 5,1 \text{ хв.}$$

Час очікування транспорту на зупинці розраховується за формулою

$$t_{\text{ож}} = \frac{\bar{i}}{2} \left(1 + \left(\frac{1}{k_{\Gamma}} - k_{\text{кд}} \right) \left(\frac{\Delta i}{\bar{i}} \right)^2 \right), \quad (2.4)$$

де \bar{i} — середній інтервал руху транспорту на маршрутах, хв;

k_r — коефіцієнт графічності руху. Приймаємо $k_r = 0,85$;

$k_{кд}$ — коефіцієнт якості руху. Приймаємо $k_{кд} = 0,85$;

Δi — відхилення часу прибуття та відправлення транспорту на контрольні пункти маршрутів. Для автобусів $\Delta i = 3$ хв.

$$t_{ож} = \frac{1}{2} \left(1 + \left(\frac{1}{0,85} - 0,85 \right) \left(\frac{3}{1} \right)^2 \right) = 1,97 \text{ хв.}$$

Час на поїздку у транспорті визначається за формулою

$$t_{дв} = \frac{60 \cdot \bar{l}_{п} \cdot \alpha}{v_c}, \quad (2.5)$$

де $\bar{l}_{п}$ — середня відстань поїздки пасажирів, км. Приймаємо за даними обстежень пасажиропотоку на маршруті №72 у ранковий час пік табличним методом на ЕОМ $\bar{l}_{п} = 4,96$ км;

v_c — швидкість сполучення, км/год. Приймаємо $v_c = 21,5$ км/год;

α — коефіцієнт пересадочності. Для групи міст із населенням від 500 тисяч до 1 млн. осіб приймаємо $\alpha = 1,3$.

$$t_{дв} = \frac{60 \cdot 4,96 \cdot 1,3}{21,5} = 18,0 \text{ хв.}$$

Час очікування пересадки на інший маршрут міського транспорту приймаємо рівним $t_{пер} = 3,0$ хв.

Додатковий час очікування автобуса через відмову в посадці внаслідок його перевантаження визначається за формулою

$$t_{отк} = 30 \cdot \alpha \left(2 - k_r - \frac{1}{\gamma_d} \right), \quad (2.6)$$

де γ_d — динамічний коефіцієнт використання місткості автобуса за годину пік. $\gamma_d = 0,92$.

$$t_{\text{отк}} = 30 \cdot 1,3 \left(2 - 0,85 - \frac{1}{0,92} \right) = 2,46 \text{ хв.}$$

Таким чином, фактичний час, що витрачається пасажиром на поїздки для району, що розглядається

$$t_{\text{п.ф.}} = 5,1 + 1,97 + 18,0 + 3,0 + 2,46 = 30,53 \text{ хв.}$$

Розрахунковий час поїздки в годину пік у «теоретично абсолютно комфортних умовах» визначається за формулою

$$t_{\text{п.т.}} = 11,75 + 3 \cdot (1,2 + 0,17\sqrt{F}). \quad (2.7)$$

Таким чином

$$t_{\text{п.т.}} = 11,75 + 3 \cdot (1,2 + 0,17\sqrt{23,8}) = 17,84 \text{ хв.}$$

Розрахунковий коефіцієнт якості транспортного обслуговування населення району складає

$$k_k = \frac{17,84}{30,53} = 0,584.$$

За розрахунковим коефіцієнтом якості транспортного обслуговування визначається рівень обслуговування пасажирів у години пік, який для міст 2-ї групи, до яких належить місто Запоріжжя, становить:

- відмінний, при $k_k = 0,835$ і вище;
- хороший, при $k_k = 0,676 \dots 0,835$;
- задовільний, при $k_k = 0,539 \dots 0,676$;
- незадовільний, при $k_k = 0,539$ та нижче.

Таким чином робимо висновок, що вранці пік рівень транспортного обслуговування пасажирів Шевченківського району є задовільним.

2.3. Вибір рухомого складу та структури його парку

Серед модельного ряду автобусів середньої та великої місткості, що випускалися та випускаються в Україні, слід виділити автобуси Сіті-ЛАЗ-10, Сіті-ЛАЗ-12 та Богдан А-1443. Технічні характеристики цих автобусів наведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 — Технічна характеристика міських автобусів середньої та великої місткості

Характеристика	Значення для автобуса		
	Богдан А144	СітіЛАЗ-10	СітіЛАЗ-12
1. Габаритні розміри, мм:			
довжина	9880	10000	12000
ширина	2500	2550	2550
висота	2960	3060	3060
2. Колісна база, мм	4800		
4. Маса спорядженого автобуса, кг	8600	9200	11200
5. Кількість місць для сидіння	31	24	30
6. Загальна кількість місць	80	80	120

Таким чином, при розрахунку продуктивності та провізної здатності рухомого складу приймаємо пасажиромісткість автобуса для комфортних умов пересування в годину пік для мікроавтобусів 12 пасажирів (Рута), 18 пасажирів (Mercedes Sprinter, Volkswagen LT), для автобусів малої місткості 46 пасажирів (Богдан А092), середньої місткості 80 пасажирів (Богдан А-144, СітіЛАЗ-10), для автобусів великої місткості 120 пасажирів (СітіЛАЗ-12).

Відповідно до рекомендацій ряд пасажиромісткостей рухомого складу для освоєння пасажиропотоку в містах 1-2 групи приймаємо за таблицею 2.4.

Таблиця 2.4 — Ряд пасажиромісткостей рухомого складу та рекомендовані маршрутні інтервали руху

Тип автобуса	Місткість, пасажирів.	Частка у перевезеннях, %	Маршрутні інтервали, хв.	
			мінімальний	максимальний
Mercedes Sprinter	18	11 – 8	2	7
Богдан А092	46	19 – 11	2	7
Богдан А144	80	60 – 67	2	7
СітіЛАЗ-12	120	10 – 15	2,7	7

2.4 Розробка варіанта маршрутної мережі району

Місто Запоріжжя належить до другої групи міст (великі міста з населенням 0,5 – 1,0 млн. осіб), для яких використовують наземні види міського маршрутного пасажирського транспорту, а в якості транспортної мережі – вулично-дорожня мережа. Міську транспортну мережу утворює сукупність вулиць та транспортних проїздів, що обслуговуються різними видами міського транспорту. Основні вимоги, які висуваються до міських транспортних мереж: узгодженість з величиною пасажиропотоків та вантажопотоків, оптимальність за критеріями мінімуму пробігу рухомого

складу у взаємних кореспонденціях транспортних районів та витрат транспортного часу населення у пасажиропоїздках, мінімальна будівельна вартість; мінімум дорожньо-транспортних пригод та втрат у вартісному та абсолютному вираженні, пов'язаних з ними.

Намічаємо лінії пасажирського транспорту в районі таким чином, щоб забезпечити найкоротші зв'язки житлових та промислових зон, а також зв'язків з іншими районами міста, відстань пішохідної доступності транспортних ліній на рівні 500 – 600 м., щільність мережі 1,5 – 2,5 км/км². Спочатку намічаємо основну швидкісну транспортну мережу, яку утворюють пр. Моторобудівників, вул. Героїв 55 Бригади, Сікорського, Іванова, Стефанова, Чарівна, Димитрова, Магістральна. При складанні схеми транспортної мережі враховуємо вже існуючі трамвайні лінії, прокладені пр. Мотробудівників, Іванова, Магістральної, Шевченка та Солідарності.

У масштабі на схемі району (рисунок 2.3) підраховуємо загальну довжину транспортної мережі та її щільність. Безпосереднім підрахунком встановлюємо, що загальна довжина транспортної мережі становить $L_c = 32,56$ км. Отже, щільність транспортної мережі громадського транспорту становитиме $\delta = L_c / F = 36,87 / 23,8 = 1,55$ км/км², що відповідає нормативним вимогам законодавства.

При виборі маршрутної системи виходимо з умови забезпечення безпересадочності поїздок між головними пасажироутворюючими центрами, якими в даному випадку є: 2, 3 мікрорайони Шевченківського району, АТ «Мотор-Січ», Центральний та речовий ринки на вул. Базарній. При цьому маршрутний коефіцієнт приймаємо на рівні $k_m = 2,5 - 3,5$.

Таким чином, приймаємо 10 проєктних автобусних маршрутів:

а) маршрут 1 (маятниковий): Річковий порт — Пошта (3-й Шевченківський мкрн). Траса маршруту проходить вулицями: Проспект Соборний, вул. Українська, вул. Стефанова, вул. Іванова, пр. Моторобудівників, вул. Героїв 55 Бригади, вул. Чарівна, вул. Маковського (існуючий маршрут №89);

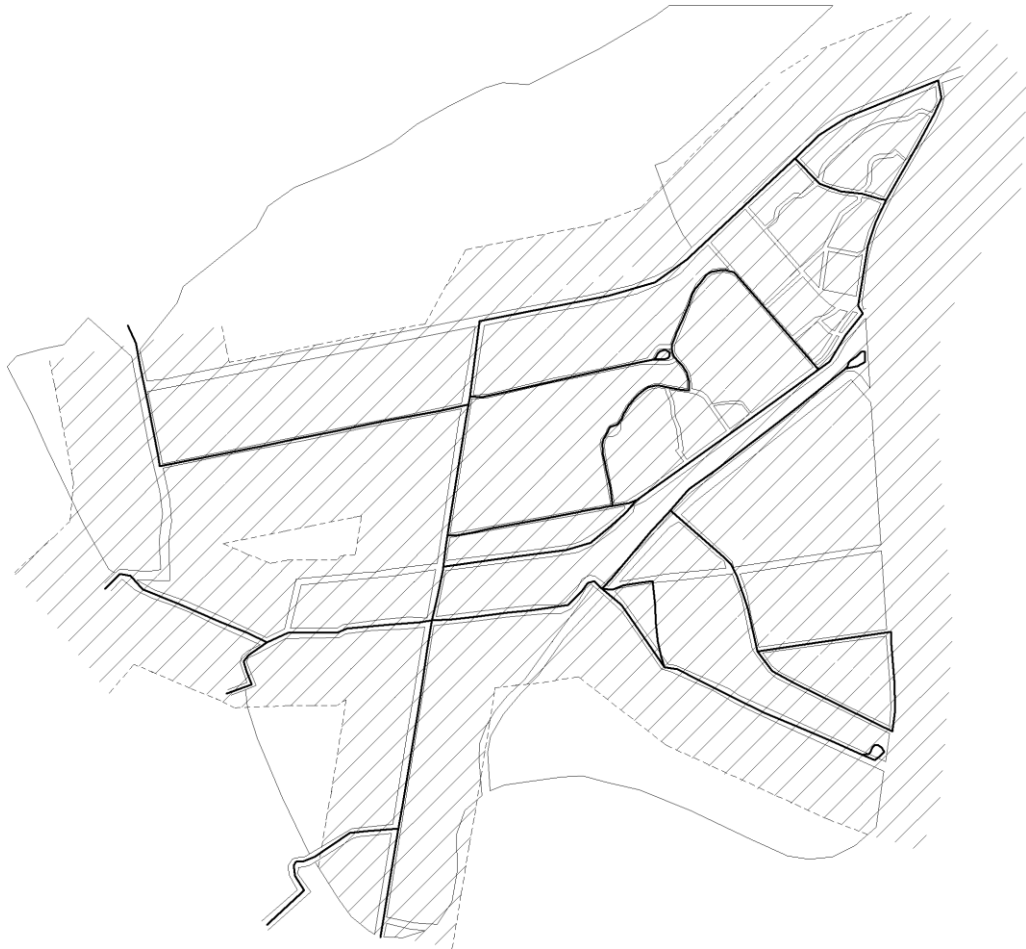


Рисунок 2.3 — Проектний варіант транспортної мережі
Шевченківського району

б) маршрут 2 (маятниковий): Набережна – вул. Гарнізонна. Траса маршруту проходить вулицями: Бульвар Шевченка, Проспект Соборний, вул. Українська, вул. Стефанова, вул. Іванова, вул. Магістральна, вул. Віражна, вул. Стартова, вул. Гарнізонна;

в) маршрут 3 (напівкільцевий): Міськпаливо — вул. Корищенка. Траса маршруту проходить вулицями: пр. Моторобудівників, вул. Іванова, вул. Магістральна, вул. Виробнича, вул. Миколи Краснова, Шосе Харків–Сімферополь, вул. Корищенка, вул. Виробнича, вул. Магістральна, вул. Іванова, пр. Моторобудівників;

г) маршрут 4 (напівкільцевий): Пошта (3-й Шевченківський мкрн) – Площа Університетська. Траса маршруту проходить вулицями: вул. Б. Завади, вул. Вороніна, вул. Чарівна, пр. Моторобудівників, вул. Іванова, вул. Фортечна, вул. Костянтина Великого, вул. Дніпровська, Проспект Соборний, вул. Фортечна, вул. Іванова, пр. Моторобудівників, вул. Чарівна, вул. Вороніна, вул. Б. Завади;

д) маршрут 5 (маятниковий): 4-й Південний мкрн. – Пошта (3-й Шевченківський мкрн.). Траса маршруту проходить вулицями: вул. Українця, вул. Привокзальна, Проспект Соборний, вул. Троїцька, вул. Червона, пр. Моторобудівників, вул. Героїв 55 Бригади, вул. Чарівна, вул. Вороніна, вул. Б. Завади;

е) маршрут 6 (маятниковий): Річковий порт – 2-й Шевченківський мкрн. Траса маршруту проходить вулицями: Проспект Соборний, вул. Українська, вул. Стефанова, вул. Іванова, вул. Героїв 55 Бригади, вул. Чарівна, вул. Полякова, вул. Пархоменка (існуючий маршрут №72).

ж) маршрут 7 (напівкільцевий): Космічний мкрн. – 2-й Шевченківський мкрн. Траса маршруту проходить вулицями: вул. Олімпійська, вул. Європейська, вул. Чумаченка, вул. Космічна, вул. Серікова, просп. Соборний, вул. Троїцька, вул. Червона, пр. Моторобудівників, вул. Чарівна, вул. Цитрусова, вул. Пархоменка, вул. Полякова, вул. Чарівна, пр. Моторобудівників, вул. Червона, вул. Троїцька, Проспект Соборний, вул. Серікова, вул. Космічна, вул. Чумаченка, вул. Європейська, вул. Олімпійська.

з) маршрут 8-А (напівкільцевий): Міськпаливо – 3-й Шевченківський мкрн. Траса маршруту проходить вулицями: пр. Моторобудівників, вул. Сікорського, вул. Вороніна, вул. Чарівна, вул. Героїв 55 Бригади, пр. Моторобудівників.

к) маршрут 8-Б (напівкільцевий): Міськпаливо – 3-й Шевченківський мкрн. Траса маршруту проходить вулицями: пр. Моторобудівників, вул. Героїв 55 Бригади, вул. Чарівна, вул. Вороніна, вул. Сікорського, пр. Моторобудівників.

л) маршрут 9 (маятниковий): пр. 40-річчя Перемоги – Аеропорт. Траса маршруту проходить вулицями: пр. 40-річчя Перемоги, вул. Водограйна, вул. Українця, вул. Привокзальна, Проспект Соборний, вул. Троїцька, вул. Червона, пр. Моторобудівників, вул. Іванова, вул. Магістральна, вул. Віражна, вул. Стартова, вул. Гарнізонна – Аеропорт.

Характеристики маршрутів запропонованої маршрутної мережі та маршрутів, що залишаються з уже діючих, наведені в таблиці 2.5.

Для проектної маршрутної мережі розраховуємо маршрутний коефіцієнт за формулою

$$k_m = \frac{L_\Sigma}{L_c}. \quad (2.8)$$

Таблиця 2.5 — Характеристики маршрутів району

Маршрут	Кінцеві пункти маршруту	Довжина, км		Час зворотного рейсу, хв.
		загальна	по території району	
Нові маршрути				
2П	Набережна – вул. Гарнізонна	37,6	21,2	115
3П	Міськпаливо – вул. Кориценка	12,7	12,7	40
4П	Пошта – Площа Університетська	17,4	13,3	55
5П	4-й Південний мкрн. – Пошта	28,3	14,5	85
7П	Космічний мікрорайон. – 2-й Шевченківський мкрн.	28,15	12,2	85
8-АП	Міськпаливо – 3-й Шевченківський мкрн. – Міськпаливо	16,1	16,1	50
8-БП	Міськпаливо – 3-й Шевченківський мкрн. – Міськпаливо	16,1	16,1	50

Кінець таблиці 2.5.

Маршрут	Кінцеві пункти маршруту	Довжина, км		Час зворотного рейсу, хв.
		загальна	по території району	
9П	пр. 40-річчя Перемоги – Аеропорт	34,2	21,4	105
Існуючі маршрути, що зберігаються				
5	вул. Європейська – вул. Магістральна	16,6	7,05	50
5-А	вул. Європейська – вул. Магістральна	16,6	7,05	50
12	Міськпаливо – сел. Будівельників	24,2	24,2	75
13	Міськпаливо – ст. Запоріжжя-Ліве	18,0	18,0	55
22	Річковий вокзал – Мокрянський кам'яний кар'єр	34,8	30,2	105
25	Вокзал Запоріжжя-1 – вул. Тарасівська	25,0	19,0	75
28	Річковий порт – 2-й Шевченківський мкрн.	31,6	15,2	95
32	Міськпаливо – Матвіївське кладовище	22,2	22,2	70
35	вул. Олімпійська – Аеропорт	21,6	8,6	65
44	Вокзал Запоріжжя-1 – Тепличний комбінат	30,8	24,8	95
89	Річковий порт – вул. Б. Завади	30,2	14,04	90

$$k_m = \frac{109,6}{32,56} = 3,36.$$

Таким чином, у пропонованій маршрутній мережі пасажирів в середньому мають 3,36 альтернативних маршруту для пересування. Проектна транспортна мережа має меншу щільність і більший маршрутний коефіцієнт, ніж базова.

Після вибору маршрутів з використанням побудованої картограми перевіряємо ділянки транспортної мережі з мінімальними пасажиропотоками (вони повинні допускати організацію пасажирських перевезень автобусами мінімальної розрахункової пасажиромісткості при інтервалах між ними, що не перевищують максимально допустимі) та максимальними пасажиропотоками (вони повинні допускати організацію пасажирських перевезень автобусами, не меншими за пасажиромісткістю від мінімально допустиму).

Співвідношення між пасажиропотоком F_u (пас/год), маршрутним інтервалом t_u (хв) та розрахунковою місткістю q_p визначається рівнянням

$$\frac{F_u \cdot t_u}{60} = q_p. \quad (2.9)$$

Приймаючи максимальний допустимий маршрутний інтервал між автобусами $t_{u.макс} = 20$ хвилин визначаємо допустимий мінімальний середньодобовий пасажиропотік, при якому може бути організований маршрут за формулою

$$F_{доп} = \frac{60}{t_{u.макс}} q_{p.мин.} \cdot k_{нс} = \frac{60}{20} \cdot 18 \cdot 0,35 = 18,9 \text{ пас/год.}$$

де $k_{нс}$ — середньодобовий коефіцієнт наповнення рухомого складу (зазвичай приймається рівним $k_{нс} = 0,35$).

Мінімальний годинний пасажиропотік на ділянках мережі з урахуванням сезонної нерівномірності перевезень та коефіцієнта години пік визначимо за формулою

$$F_{ч.мин} = \frac{F_{мин} \cdot k_{чп}}{h \cdot k_c}, \quad (2.10)$$

де $F_{мин}$ — мінімальний пасажиропотік за напрямками ділянки транспортної мережі, пас.;

$k_{чп}$ — коефіцієнт години пік. Приймається $k_{чп} = 0,71$;

h — тривалість пікового періоду, год. Приймаємо за даними обстеження пасажиропотоків $h = 4,0$ год;

k_c — коефіцієнт сезонності перевезень. Приймаємо $k_c = 1,1$.

Для аналізованої транспортної мережі ділянкою з мінімальним максимальним пасажиропотоком є ділянка 6-7 з пасажиропотоком за годину пік $F_{мин} = 282$ пас. Тоді

$$F_{ч.мин} = \frac{282 \cdot 0,71}{4 \cdot 1,1} = 45,5 \text{ пас/год} > F_{дон} = 18,9 \text{ пас/год.}$$

Отже, прийнята транспортна мережа та маршрутна система задовольняють критерію організації руху на ділянках з мінімальними пасажиропотоками та не потребують коригування.

Максимальний пасажиропотік у години пік, при якому може бути організований маршрут

$$F_{м.макс.} = \frac{60 \cdot q_{р.макс.}}{t_{и.мин.}}. \quad (2.11)$$

Приймаючи мінімальний маршрутний інтервал $t_{и.мин.} = 2,0$ хв. та розрахункової місткості автобусів $q_{р.макс.} = 120$ пасажирів отримаємо

$$F_{м.макс.} = \frac{60 \cdot 120}{2} = 3600 \text{ пас/год.}$$

Максимальний пасажиропотік у годину пік, при якому можуть бути організовані пасажироперевезення на ділянці транспортної мережі.

$$F_{уч.макс} = F_{м.макс} \cdot n_m, \quad (2.12)$$

де n_m — кількість маршрутів, поєднаних (суміщених) на аналізованій ділянці транспортної мережі.

Максимальний пасажиропотік у годину пік з урахуванням внутрішньопікової нерівномірності пасажиропотоку визначаємо за формулою

$$F_{уч.макс} = \frac{F_{max} \cdot k_{en} \cdot k_c}{h}, \quad (2.13)$$

де F_{max} — мінімальний пасажиропотік за напрямками ділянки транспортної мережі, пас.;

k_{en} — коефіцієнт внутрішньопікової нерівномірності пасажиропотоку.

Приймаємо $k_{en} = 1,3$.

У нашому випадку максимальний пасажиропотік за годину пік досягається на ділянці 5–6 $F_{max} = 7940$ пас./год. Тоді

$$F_{уч.макс} = \frac{7940 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{4} = 2839 \text{ пас/год.}$$

Очевидно, це значення, незалежно від кількості маршрутів, що проходять ділянкою, менше від допустимого максимального. Отже, прийнята маршрутна мережа задовольняє критерію організації пасажироперевезень на ділянці максимального пасажиропотоку рухомим складом максимальної місткості з мінімальними інтервалами між автобусами, що допускаються.

2.5 Розрахунок потреби у рухомому складі на маршрутах

Для освоєння пасажиропотоків із заданими інтервалами руху на етапі проектування потрібні такі типи рухомого складу (таблиця 2.4):

- особливо малої місткості (Mercedes Sprinter, місткість 18 пасажирів) – 11%;
- малої місткості (Богдан А092, місткість 46 пасажирів) – 19%;
- середньої місткості (Богдан А144, місткість 80 пасажирів) – 60%;
- великої місткості (СітіЛАЗ-12, місткість 120 пасажирів) – 10%.

Визначення потрібної кількості рухомого складу виконуємо у такому порядку.

1. Кількість та тип рухомого складу на діючих маршрутах, що обслуговують периферійні та ізольовані віддалені транспортні райони міста, приймаємо за фактично наявними даними. Освоюваний пасажиропотік на маршрутах у годину пік при мінімальних інтервалах руху визначаємо за формулою

$$P = \frac{60 \cdot q_p \cdot h \cdot m}{t_{об}} . \quad (2.14)$$

Результати розрахунку за маршрутами № 12, 22, 25, 32 та 44 наведено у таблиці 2.6. В останньому стовпчику таблиці 2.6 вказано кількість оборотних рейсів, що виконуються на маршруті за добу $n_{об.сут.}$. Після цього коригуємо пасажиропотік на ланках маршрутної мережі, якими проходять ці маршрути. Кориговані пасажиропотоки на транспортній мережі після виконання цієї операції показані на рис. 2.4.

2. Пасажиропотік, що залишився, розподіляємо за проектними маршрутами, починаючи з ділянок, що обслуговуються одним маршрутом. Після вибору ділянки визначаємо найбільш завантажений перегін маршруту. На підставі пасажиропотоку на цій ділянці вибираємо тип рухомого складу

(таблиця 2.7), розраховуємо потрібну кількість рухомого складу та коригуємо пасажиропотоки відповідно до провізної здатності маршруту в годину пік.

Таблиця 2.6 – Кількість рухомого складу та пасажиропотік, що освоюється, на частково ізольованих маршрутах

Маршрут	Кількість рухомого складу за місткістю				P, Пас.	$n_{об.сум.}$
	Mercedes Sprinter	Богдан А092	Богдан А144	СітіЛАЗ-12		
12	1	1	–	–	205	16
22	6	–	–	–	247	70
25	1	1	–	–	205	14
32	2	1	–	–	281	37
44	1	–	1	–	248	19
Разом	11	3	1	–	1186	156

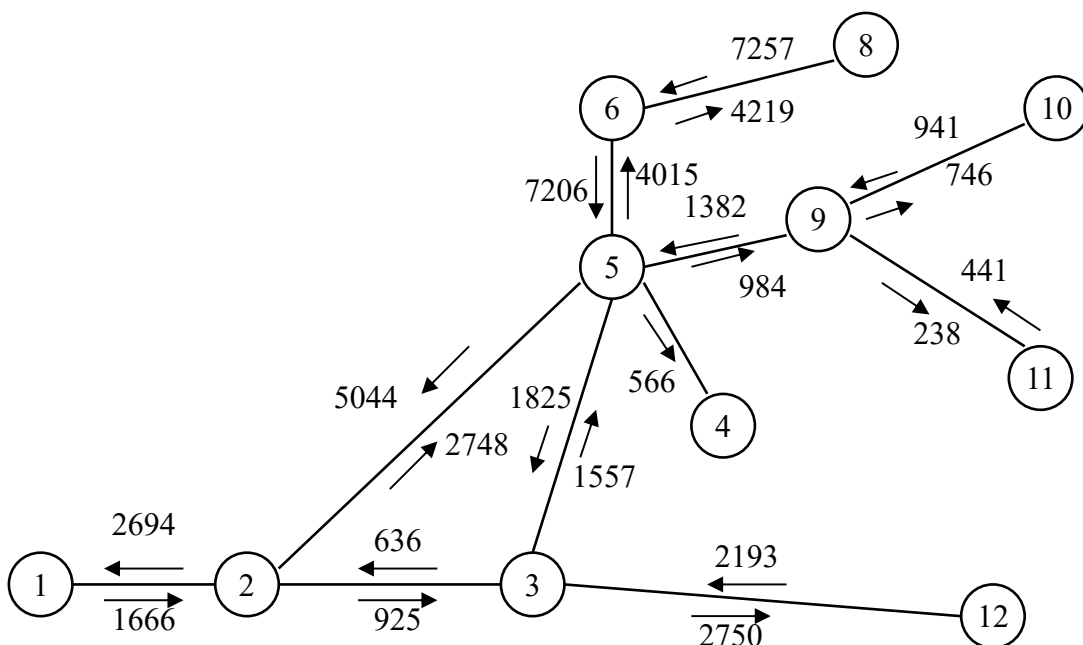


Рисунок 2.4 – Кориговані пасажиропотоки

Таблиця 2.7 – Вибір рухомого складу

Q_{\max} , пас./год	до 1000	1000 – 1800	1800 – 2600	2600 – 3200	понад 3200
Клас міського автобуса	Малий чи середній	Середній чи великий	Великий	Великий	Особливо великий

Розрахунок почнемо з маршруту 3П. Ізольований перегін маршруту 9-11. Максимальний годинний пасажиропотік $F_{\max} = 441/4 = 110$ пас/год. Призначаємо на маршрут мікроавтобуси 3П Mercedes Sprinter. Потрібна кількість рухомого складу

$$n = \frac{F_{\max} \cdot t_{об}}{60 \cdot q_p} = \frac{110 \cdot 40}{60 \cdot 18} = 4 \text{ одиниці.}$$

Маршрутний інтервал у годину пік $I_{\min} = t_{об}/n = 40/4 = 10$ хвилин, що відповідає нормативам якості обслуговування пасажирів. Освоюваний пасажиропотік за піковий час згідно з логікою розрахунків складе $P = 441$ пас. Коригуємо пасажиропотік на ланках 4-5-9-11.

Далі розглядаємо маршрут 4П. На нього перемикається пасажиропотік, що прямує на ділянці 2–3. Максимальний годинний пасажиропотік $F_{\max} = 925/4 = 231$ пас/год. Призначаємо на маршрут 4П автобуси Богдан А092.

$$n = \frac{231 \cdot 55}{60 \cdot 46} = 5 \text{ одиниць.}$$

Коригуємо пасажиропотік на ланках 5-6-8.

Наступним розглядаємо маршрути 8АП та 8БП. Максимальний годинний пасажиропотік $F_{\max} = 125/4 = 32$ пас/год. Призначаємо на маршрут мікроавтобуси Mercedes Sprinter. Потрібна кількість рухомого складу

$$n = \frac{32 \cdot 50}{60 \cdot 18} = 2 \text{ одиниці.}$$

Коригуємо пасажиропотік на ланках 4-5-6-8.

Розглядаємо групу маршрутів 2П та 9П. Сумарний максимальний пасажиропотік на ділянці маршрутів 9-10 складає $F_{\max} = 941/4 = 235$ пас/год. Призначаємо на маршрути 2П та 9П автобуси Богдан А144. Виходячи з рівного маршрутного інтервалу розподіляємо пасажиропотік між ними обернено пропорційно часу оборотного рейсу.

На маршруті 2П розрахунковий пасажиропотік становитиме $F_{\max} = 110$ пас/год, потрібна кількість автобусів

$$n = \frac{110 \cdot 115}{60 \cdot 80} = 3 \text{ автобуса.}$$

На маршруті 9П розрахунковий пасажиропотік становитиме $F_{\max} = 125$ пас/год, потрібна кількість автобусів

$$n = \frac{125 \cdot 105}{60 \cdot 80} = 3 \text{ автобуса.}$$

Розглянемо групу маршрутів 5П, 7П, 28 та 89, які обслуговують 1–3-й мікрорайони Шевченківського району. Приймаємо на маршруті 89 автобуси СітіЛАЗ-12, а на маршрутах 5П, 7П та 28 – автобуси Богдан А144. Тоді середньозважена місткість автобуса становитиме $q_p = 90$ пас.

Оцінимо потрібну кількість автобусів у русі, що проходять ділянку 6-8 з максимальним пасажиропотоком $F_{\max} = 6207/4 = 1552$ пас/год з огляду на те, що значення часу оборотного рейсу на усіх маршрутах приблизно однакове (85, 85, 90 і 95 хвилин). Тоді середній час оборотного рейсу складає $t_{об} = 88,75$ хвилин і потрібна кількість автобусів дорівнює

$$n_{\text{норм.}} = \frac{1552 \cdot 88,75}{60 \cdot 90} = 26 \text{ одиниць.}$$

Мінімальний інтервал руху за годину пік на групі маршрутів становить $60/26 = 2,3$ хвилини, що відповідає вимогам нормативів для автобусів великої місткості.

Приймаємо на маршруті 7П автобуси Богдан А144 у кількості 8 одиниць, виходячи з маршрутного інтервалу руху 10 хвилин. Освоюваний за піковий період пасажиропотік складе

$$F_0 = \frac{60 \cdot m \cdot q_p \cdot h}{t_{\text{об}}} = \frac{60 \cdot 8 \cdot 80 \cdot 4}{85} = 1807 \text{ пасажирів.}$$

На маршруті 5П приймаємо автобуси Богдан А144. Розрахункова кількість автобусів при пасажиропотоку на максимально завантаженій ділянці 3-12 $F_{\text{max}} = (2625 - 1807)/4 = 818/4 = 205$ пас/год складе

$$n = \frac{205 \cdot 85}{60 \cdot 80} = 4 \text{ автобуса.}$$

Приймаємо на маршруті 89 автобуси СітіЛАЗ-12 виходячи з інтервалу руху за годину пік $I_{\text{max}} = 10$ хвилин. Тоді потрібна кількість автобусів складе

$$n = t_{\text{об}}/I_{\text{max}} = 90/10 = 9 \text{ автобусів.}$$

Освоюваний за піковий період пасажиропотік складе

$$F_0 = \frac{60 \cdot m \cdot q_p \cdot h}{t_{\text{об}}} = \frac{60 \cdot 9 \cdot 120 \cdot 4}{90} = 2880 \text{ пасажирів.}$$

Пасажиropoтiк, що залишився неосвоєним, у кількості $F = (4604 - 2880) / 4 = 1724 / 4 = 431$ пас/год. передаємо на маршрут 28. Потрібна кількість автобусів Богдан А144 на маршруті 28 складе

$$n = \frac{431 \cdot 95}{60 \cdot 80} = 9.$$

Результати розрахунку необхідної кількості рухомого складу на проєктних маршрутах наведено у таблиці 2.8.

Таблиця 2.6 – Кількість рухомого складу та пасажиропотік, що освоєється на проєктних маршрутах

Маршрут	Кількість рухомого складу за місткістю				P, пас.	n _{об.сум.}
	Mercedes Sprinter	Богдан А092	Богдан А144	СітіЛАЗ-12		
3П	4				441	75
4П		5			925	62
8П А,Б	2				125	22
2П			3		440	18
9П			3		500	20
7П			8		1807	70
5П			4		818	32
28			9		1724	68
89				9	2880	75
Разом	6	5	27	9		

Таким чином, структура парку автобусів для забезпечення перевезень пасажирів Шевченківського району така:

- мікроавтобуси Mercedes Sprinter – 17 одиниць (27%);
- автобуси малої місткості Богдан А092 – 8 одиниць (13%);

- автобуси середньої місткості Богдан А144 – 28 одиниць (45%);
- автобуси великої місткості СітіЛАЗ-12 – 9 одиниць (15%).

Усього необхідно 62 одиниці рухомого складу.

Потрібну кількість оборотних рейсів за добу на маршрутах, що проектуються, визначимо за формулою

$$n_{об.сут} = \frac{F_{\Sigma} \cdot k_{en} \cdot k_n}{q_p \cdot h_n}, \quad (2.15)$$

де F_{Σ} — сумарний пасажиропотік на найбільш завантаженому перегоні маршруту за ранкову годину пік, пас.;

k_{en} — коефіцієнт внутрішньопікової нерівномірності пасажиропотоку.

Приймаємо $k_{en} = 1,25$;

k_n — Коефіцієнт, що враховує частку добового пасажиропотоку, що перевозиться в найбільш завантажений час пікового періоду. Приймаємо $k_n = 10$.

Потрібна кількість оборотних рейсів на проєктованих маршрутах наведена у табл. 2.6.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок капітальних вкладень

Пропоновані рішення щодо зміни структури пасажирського автомобільного рухомого складу, який обслуговує маршрутну мережу Шевченківського району міста Запоріжжя передбачають придбання нових автобусів середньої та великої пасажиромісткості. Розрахунок додаткових капітальних вкладень на придбання нового рухомого складу наведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 — Розрахунок додаткових капітальних вкладень

Марка автобуса	Необхідна кількість автобусів, од.	Вартість нового автобуса, грн.	Додаткові капітальні вкладення, грн.
Богдан А-144	28	3 280 000	91 840 000
СітіЛАЗ-12	9	5 800 000	52 200 000
Разом	36		144 040 000

Таким чином, додаткові капітальні вкладення на придбання нового рухомого складу дорівнюють $K_{\text{дод}} = 144\,040\,000$ грн.

3.2 Розрахунок собівартості перевезень

Згідно Методичних рекомендацій визначення рівня тарифу на послуги пасажирського автомобільного транспорту загального користування (затверджених наказом Міністерства інфраструктури України від 25.06.2023 р. № 461), розрахунок собівартості перевезень пасажирів автобусами виконується на один кілометр пробігу та визначається за формулою

$$C_{\text{км}} = C_{\text{зп}} + C_{\text{зпр}} + C_{\text{п}} + C_{\text{зм}} + C_{\text{зпч}} + C_{\text{ш}} + A + C_{\text{аб}} + C_{\text{ін}}, \quad (3.1)$$

де $C_{\text{зп}}$ — заробітна плата водіїв автобусів, основна і додаткова, з урахуванням внеску до фондів загальнодержавного соціального страхування (ЄСВ), грн.;

$C_{\text{зпр}}$ — заробітна плата працівників, які виконують технічне обслуговування та ремонт автобусів, грн.;

$C_{\text{п}}$ — витрати на паливо автобусів, грн.;

$C_{\text{зм}}$ — витрати на мастильні матеріали, грн.;

$C_{\text{зпч}}$ — витрати на запасні частини та матеріали, грн.;

$C_{\text{ш}}$ — витрати на заміну шин автобусів, грн.;

A — амортизаційні відрахування на оновлення рухомого складу, грн.;

$C_{\text{аб}}$ — витрати на акумуляторні батареї автобусів, грн.;

$C_{\text{ін}}$ — інші витрати, грн.

Заробітна плата водіїв автобусів на 1 км пробігу розраховується за формулою

$$C_{\text{зп}} = \frac{C_{\text{гт}} \cdot k_{\text{дод}} \cdot k_{\text{ГТР}} \cdot k_{\text{ЄСВ}}}{V_e}, \quad (3.2)$$

де $C_{\text{гт}}$ — годинна тарифна ставка водія автобуса, грн./год. Для водіїв автобусів Богдан А144 $C_{\text{гт}} = 106,80$ грн./год., для водіїв автобусів СітіЛАЗ-12 $C_{\text{гт}} = 117,50$ грн./год.;

$k_{\text{дод}}$ — коефіцієнт, який враховує додаткову заробітну плату водіїв. Приймаємо для обох марок автобусів $k_{\text{дод}} = 1,445$ (доплата за класність 25 %, доплата за розривний графік роботи та роботу у нічну пору доби 10 %, оплата відпусток 9,5 %);

$k_{\text{ГТР}}$ — коефіцієнт, який враховує заробітну плату інженерно-технічних та керівних працівників і службовців автотранспортного підприємства (10% від фонду заробітної плати водіїв), приймаємо $k_{\text{ГТР}} = 1,1$;

$k_{\text{ЄСВ}}$ — коефіцієнт, який враховує єдиний соціальний внесок, приймаємо $k_{\text{ЄСВ}} = 1,22$;

V_e — середня експлуатаційна швидкість руху автобусів, що працюють на маршрутах перевезень пасажирів у Шевченківському районі, приймаємо за даними паспортів автобусних маршрутів $V_e = 18,0$ км/год.

Заробітна плата водіїв та інженерно-технічних працівників на 1 км пробігу автобусів дорівнює:

– для автобусів Богдан А144

$$C_{\text{зп}}^{(1)} = \frac{106,80 \cdot 1,445 \cdot 1,1 \cdot 1,22}{18,0} = 11,51 \text{ грн./км};$$

– для автобусів СітіЛАЗ-12

$$C_{\text{зп}}^{(2)} = \frac{117,50 \cdot 1,445 \cdot 1,1 \cdot 1,22}{18,0} = 12,66 \text{ грн./км.}$$

Заробітну плату працівників, які виконують ремонт та технічне обслуговування автобусів, розраховуємо за формулою

$$C_{\text{зпр}} = \frac{C_{\text{чт}} \cdot k_{\text{дод}} \cdot k_{\text{ЄСВ}} \cdot W}{1000}, \quad (3.3)$$

де $C_{\text{чт}}$ — годинна тарифна ставка ремонтних працівників підприємства, грн. Приймаємо для III розряду $C_{\text{чт}} = 94,75$ грн./год.;

$k_{\text{дод}}$ — коефіцієнт, який враховує додаткову заробітну плату ремонтних працівників, приймаємо $k_{\text{дод}} = 1,435$ (надбавка за інтенсивну працю 12 %, надбавка за високу професійну майстерність 12 %, премії 10 %, оплата відпусток 9,5 %);

W — трудомісткість виконання робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту автобуса на 1000 км пробігу (див. табл. 3.1).

Таблиця 3.1 — Розрахунок трудомісткості робіт з технічного обслуговування та ремонту рухомого складу

Техніко-експлуатаційні показники	Марка автобуса	
	Богдан А144	СітіЛАЗ-12
1. Середній річний пробіг автобуса, км.	40 890	40 890
2. Періодичність видів ТО для автобусів, км:		
ТО-1	5 000	5 000
ТО-2	20 000	20 000
3. Нормативи трудомісткості виконання робіт з технічного обслуговування та поточного ремонту:		
ЩО, чол.-год. одне обслуговування	0,8	1,4
ТО-1, чол.-год. одне обслуговування	5,8	10,0
ТО-2, чол.-год. одне обслуговування	24,0	40,0
ПР, чол.-год./1000 км пробігу автобуса	6,2	9,0
4. Кількість ТО на річний пробіг автобуса, од:		
ЩО	320	320
ТО-1	9	9
ТО-2	3	3
5. Трудомісткість виконання робіт з ТО та ПР, чол.-год.:		
ЩО	256	448
ТО-1	52,2	90,0
ТО-2	72,0	120
ПР	253,5	368,0
Разом	633,7	1026
6. Трудомісткість робіт з ТО та ПР автобуса на 1000 км пробігу, чол.-год.	15,49	25,09

Заробітна плата ремонтних працівників підприємства при виконанні робіт з обслуговування автобусів складає:

– для автобусів Богдан А144

$$C_{\text{зпр}}^{(1)} = \frac{94,75 \cdot 1,435 \cdot 1,22 \cdot 15,49}{1000} = 2,57 \text{ грн./км};$$

– для автобусів СітіЛАЗ-12

$$C_{\text{зпр}}^{(2)} = \frac{94,75 \cdot 1,435 \cdot 1,22 \cdot 25,09}{1000} = 4,16 \text{ грн./км.}$$

Витрати на пальне автобусами (дизельне паливо) при роботі на міських маршрутах визначаються за формулою

$$C_{\text{п}} = \frac{H_s \cdot c_{\text{п}} \cdot (1 + k_{\Sigma})}{100}, \quad (3.4)$$

де H_s — базова лінійна норма витрат палива автобусом на пробіг у нормальних умовах експлуатації, л/100 км пробігу. Для автобуса Богдан А144 $H_s^{(1)} = 32,0$ л/100 км (дп), для автобуса СітіЛАЗ-12 $H_s^{(2)} = 38,5$ л/100 км (дп);

$c_{\text{п}}$ — вартість 1 л дизельного палива, грн./л. Приймаємо $c_{\text{п}} = 51,50$ грн./л.;

k_{Σ} — коригувальний коефіцієнт до базової лінійної норми витрат палива автобусом, який враховує фактичні умови експлуатації автобуса, %. Приймаємо $k_{\Sigma} = 0,25$ (за роботу в умовах міста Запоріжжя +10 %, за виконання робіт, пов'язаних з частими технологічними зупинками на маршруті для виконання пасажирообміну +10 %, середня надбавка за роботу в зимових умовах та внутрішньогаражні розїзди +5 %).

Витрати на паливо автобусами на маршрутах по марках рухомого складу дорівнюють:

– для автобусів Богдан А144

$$C_{\Pi}^{(1)} = \frac{32,0 \cdot 51,50 \cdot (1 + 0,25)}{100} = 20,6 \text{ грн./км};$$

– для автобусів СітіЛАЗ-12

$$C_{\Pi}^{(2)} = \frac{38,5 \cdot 51,50 \cdot (1 + 0,25)}{100} = 24,78 \text{ грн./км.}$$

Витрати на експлуатаційні мастильні матеріали для автобусів на кілометр пробігу приймаємо у розмірі 15 % від вартості палива, тобто:

– для автобусів Богдан А144

$$C_{ЗМ}^{(1)} = 0,15 \cdot 20,6 = 3,09 \text{ грн./км};$$

– для автобусів СітіЛАЗ-12

$$C_{ЗМ}^{(2)} = 0,15 \cdot 24,78 = 3,72 \text{ грн./км.}$$

Витрати на запасні частини та матеріали приймаємо за укрупненими нормами, визначеними у Нормативах витрат на технічне обслуговування та поточний ремонт по базових марках автомобілів, затверджених наказом Міністерства інфраструктури України від 14.11.1995 року, у американських доларах за поточним курсом української гривні до долара США. Розрахунок виконуємо за формулою

$$C_{Зпч} = \frac{c_{Зч} + c_{М}}{1000}, \quad (3.5)$$

де $c_{Зч}$ — витрати на запасні частини для ремонту автобусів, грн./1000 км пробігу. Для автобусів Богдан А144 $c_{Зч}^{(1)} = 1995$ грн./1000 км, для автобусів СітіЛАЗ-12 $c_{Зч}^{(2)} = 2359$ грн./1000 км;

c_m — витрати на матеріали для проведення ремонту автобусів, грн./1000 км.
 Для автобусів Богдан А144 $c_m^{(1)} = 635,5$ грн./1000 км, для автобусів СітіЛАЗ-12
 $c_m^{(2)} = 722,7$ грн./1000 км.

Витрати на запасні частини і матеріали для ремонту автобусів по марках складають:

– для автобусів Богдан А144

$$C_{зпч}^{(1)} = \frac{1995 + 635,5}{1000} = 2,63 \text{ грн/км};$$

– для автобусів СітіЛАЗ-12

$$C_{зпч}^{(2)} = \frac{2359 + 722,7}{1000} = 3,08 \text{ грн./км.}$$

Витрати на заміну шин автобусів знаходимо за формулою

$$C_{ш} = \frac{n_{ш} \cdot c_{ш}}{L_n}, \quad (3.6)$$

де $n_{ш}$ — кількість шин, встановлених на автобусі, од. Для обох марок розглядуваних автобусів $n_{ш} = 6 + 1$ од.;

$c_{ш}$ — вартість шини, грн. Для автобусів Богдан А144 (марка шин 11/70R22.5) $c_{ш} = 5990$ грн, для автобусів СітіЛАЗ-12 (марка шин 275/70R22.5) $c_{ш} = 9430$ грн.;

L_n — норма експлуатаційного пробігу шини, $L_n = 75000$ км.

Витрати на шини по марках автобусів складуть:

– для автобусів Богдан А144

$$C_{ш}^{(1)} = \frac{7 \cdot 5990}{75000} = 0,56 \text{ грн/км};$$

– для автобусів СітіЛАЗ-12

$$C_{\text{ш}}^{(2)} = \frac{7 \cdot 9340}{75000} = 0,87 \text{ грн./км.}$$

Амортизаційні відрахування на відновлення рухомого складу визначаємо за формулою

$$A = \frac{C_6 \cdot a}{L_p \cdot 100\%}, \quad (3.7)$$

де C_6 — балансова вартість автобусів, грн. Приймаємо за даними розрахунків підрозділу 3.1;

L_p — річний пробіг автобуса, км;

a — річна норма амортизаційних відрахувань, %. Для автобусів, що належать до 5 групи основних засобів з корисним терміном експлуатації 5 років при прямолінійному методі нарахування амортизації приймаємо $a = 20\%$

Амортизаційні відрахування на 1 км пробігу автобусів складуть:

– для автобусів Богдан А144

$$A^{(1)} = \frac{3\,280\,000 \cdot 20\%}{40890 \cdot 100\%} = 16,04 \text{ грн./км.}$$

– для автобусів СітіЛАЗ-12

$$A^{(2)} = \frac{5\,800\,000 \cdot 20\%}{40890 \cdot 100\%} = 28,37 \text{ грн./км.}$$

Витрати на оновлення акумуляторних батарей автобусів розраховуємо за формулою

$$C_{\text{аб}} = \frac{Ц_{\text{аб}} \cdot n_{\text{аб}}}{H_{\text{аб}} \cdot I}, \quad (3.8)$$

де $C_{аб}$ — ціна акумуляторної батареї, грн;

$n_{аб}$ — загальна кількість акумуляторних батарей, що встановлюються на один автобус, од;

$H_{аб}$ — експлуатаційна норма середнього ресурсу акумуляторної батареї автобуса (місяців), встановлена наказом Міністерства інфраструктури України від 20.05.2010 р. № 489;

I — інтенсивність експлуатації автобуса на маршрутах, км/міс.

На автобусах Богдан А144 та СітіЛАЗ-12 встановлені по дві акумуляторні батареї типу 6СТ-90 вартістю $C_{аб} = 8700$ грн за одиницю. При місячній інтенсивності експлуатації автобуса з пробігом $I = 3407$ км та експлуатаційній нормі середнього ресурсу акумуляторної батареї $H_{аб} = 18$ місяців витрати на акумуляторні батареї для обох розглядуваних марок автобусів складуть

$$C_{аб} = \frac{8700 \cdot 2}{18 \cdot 3407} = 0,28 \text{ грн./км.}$$

Інші витрати (адміністративні, накладні, загальновиробничі) визначаємо у розмірі 30 % від витрат по усіх інших статтях. Результати розрахунку собівартості пробігу 1 км автобусів по розглядуваних марках наведені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 — Собівартість 1 км пробігу автобусів по марках

Стаття витрат	Марка автобуса	
	Богдан А144	СітіЛАЗ-12
1. Заробітна плата водіїв та ІТР, грн/км	11,51	12,66
2. Заробітна плата ремонтних працівників, грн./км	2,57	4,17
3. Витрати на паливо, грн./км	20,6	24,78
4. Мастильні матеріали, грн./км	3,09	3,72
5. Запасні частини і матеріали, грн./км	2,63	3,08

Кінець таблиці 3.2.

Стаття витрат	Марка автобуса	
	Богдан А144	СітіЛА3-12
6. Шини, грн./км	0,56	0,87
7. Амортизаційні відрахування, грн./км	16,04	28,37
8. Акумуляторні батареї, грн./км	0,28	0,28
Разом	57,28	77,93
9. Інші витрати (30 %), грн./км	17,18	23,38
Собівартість пробігу 1 км, грн.	74,46	101,31

3.3 Розрахунок вартості проїзду на маршрутах

Розрахунковий тариф на перевезення одного пасажирів на маршрутах визначаємо за формулою

$$T = \frac{C_{\text{км}} \cdot \bar{l} \cdot k_p}{q_a \cdot \gamma_d}, \quad (3.9)$$

де $C_{\text{км}}$ — собівартість 1 км пробігу автобуса заданої марки, грн./км;

\bar{l} — середня відстань поїздки одного пасажирів на маршрутній мережі, км. За відсутності фактичних даних по розглядуваній маршрутній мережі району приймаємо середню відстань поїздки за даними головного управління статистики в Запорізькій області для автобусного транспорту $\bar{l} = 4,96$ км;

k_p — коефіцієнт, який враховує рівень рентабельності перевезень.

Приймаємо $k_p = 1,15$;

q_a — пасажиромісткість автобусів, що використовуються для перевезень пасажирів на маршрутах, пас.;

γ_d — динамічний коефіцієнт використання пасажиромісткості рухомого складу в середньому по маршрутній мережі району. Приймаємо $\gamma_d = 0,4$.

Вартість проїзду пасажирів на маршрутах, що обслуговують Шевченківський район міста Запоріжжя складе:

– для автобусів Богдан А144

$$T_1 = \frac{74,46 \cdot 4,96 \cdot 1,15}{80 \cdot 0,52} = 10,21 \text{ грн.};$$

– для автобусів СітіЛАЗ-12

$$T_2 = \frac{101,31 \cdot 4,96 \cdot 1,15}{120 \cdot 0,46} = 10,47 \text{ грн.}$$

Таким чином, вартість проїзду пасажирів на автобусних маршрутах, які обслуговують Шевченківський район міста Запоріжжя доцільно встановити однаковим для обох розглядуваних марок автобусів у розмірі 10,0 грн за одну поїздку.

3.4 Розрахунок доходу та прибутку від виконання перевезень

Дохід від виконання перевезень визначаємо за формулою

$$D = A_p \cdot T, \quad (3.10)$$

де A_p — річний обсяг перевезень пасажирів, пас.

Оцінку обсягів проектних перевезень пасажирів визначаємо за формулою

$$A_p = \frac{365 \cdot k_B \cdot F_{ГП} \cdot k_{ЗМ} \cdot k_{ПОВ}}{k_{ПІК}}, \quad (3.11)$$

де k_B — коефіцієнт, який враховує зниження пасажиропотоку у вихідні дні тижня, приймаємо $k_B = 0,94$;

$F_{ГП}$ — годинний пасажиропотік на найбільш завантаженому перегоні маршрутів, пас. Приймається за даними обстеження пасажиропотоків (див. табл. 3.3);

$k_{ЗМ}$ — коефіцієнт, який враховує змінність пасажирів на маршрутах, приймаємо $k_{ЗМ} = 1,4$;

$k_{ПОВ}$ — коефіцієнт, який враховує оборотність поїздок, приймаємо $k_{ПОВ} = 1,95$;

$k_{ПІК}$ — коефіцієнт, який враховує частку добового обсягу перевезень пасажирів, що виконується у розрахункову годину «пік», приймаємо $k_{ПІК} = 0,1$

Розрахунки проектних обсягів перевезень пасажирів виконуємо для кожного маршруту, на якому передбачається використання нового рухомого складу. Результати розрахунку наведені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 — Розрахунок річного обсягу перевезень

Маршрут	Пасажиропотік $F_{ГП}$, пас./год.	Річний обсяг перевезень пасажирів, A_p
44	62	580 731
2П	110	1 030 329
9П	125	1 170 829
7П	452	4 233 717
5П	205	1 920 159
28П	431	4 037 016
89	720	6 743 974
Разом		19 716 756

Розраховуємо річний дохід від виконання перевезень:

$$D = 19716756 \cdot 10 = 197\,167\,560 \text{ грн.}$$

Річні експлуатаційні витрати на перевезення визначаємо за формулою

$$C_{ep} = \sum_i n_i \cdot c_i \cdot l_{pi}, \quad (3.12)$$

де n_i — кількість автобусів i -го типу;

c_i — собівартість пробігу 1 км автобусом i -го типу, грн/км;

l_{pi} — річний пробіг автобусів i -го типу, км.

Річні експлуатаційні витрати на перевезення пасажирів на маршрутах складуть

$$C_{ep} = 28 \cdot 74,46 \cdot 40890 + 9 \cdot 101,31 \cdot 40890 = 122533836 \text{ грн.}$$

Прибуток від виконання перевезень знаходимо як різницю між річними доходами та річними експлуатаційними витратами

$$\Pi = D - C_{ep} = 197167560 - 122533836 = 74633724 \text{ грн.}$$

3.5 Розрахунок чистої поточної вартості проектних рішень

Чисту поточну вартість проектного варіанта транспортного обслуговування пасажирів на маршрутах, які обслуговують Шевченківський район міста Запоріжжя, розраховуємо за формулою

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}, \quad (3.13)$$

де B_t — річні вигоди від реалізації проекту, грн.

C_t — річні витрати від реалізації проекту, грн.

i — коефіцієнт дисконтування або ставка дисконту. Виходячи з підвищених ризиків, спричинених воєнним станом в Україні, приймаємо $i = 0,25$;

n — термін життя проекту, який приймаємо виходячи з терміну корисної експлуатації нових автобусів $n = 5$.

Результати розрахунку чистої поточної вартості NPV для пропонуваного змін маршрутної мережі наведені у табл. 3.9.

Таблиця 3.4 — Розрахунок чистої поточної вартості пропонуваного варіанту

Рік, t	Витрати, грн	Доходи, грн.	Постійні експлуатаційні витрати, грн.	Прибуток, грн.	Чисті вигоди (Vt – Ct), грн	Коефіцієнт дисконтування $1/(1+i)^t$	Дисконтовані чисті вигоди NPV, грн
1	144040000	197167560	122533836	74633724	-69406276	1	-69406276
2	–	197167560	122533836	74633724	74633724	0,80	59706979
3	–	197167560	122533836	74633724	74633724	0,64	47765583
4	–	197167560	122533836	74633724	74633724	0,51	38063199
5	–	197167560	122533836	74633724	74633724	0,41	30599827
Чиста поточна вартість проекту							106729312

Таким чином, оскільки чиста вартість проекту NPV = 106 729 312 грн при додаткових капітальних вкладеннях близько 144 млн. грн, пропонувані рішення є економічно доцільними.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі магістерської роботи на тему «Оптимізація мережі пасажирських перевезень у Шевченківському районі міста Запоріжжя» розглянуто аналіз потенційних небезпек, які можуть вплинути на дослідника під час проведення досліджень. Пропоновані заходи по їх усуненню.

В мережевому адаптивному режимі відбувається обмін даними між суміжними перехрестями, за рахунок чого управління є координованим і забезпечує більшу ефективність. Мережеві адаптивні режими в свою чергу діляться на 2 типи: вибір програми управління з бібліотеки і динамічний режим.

Система, що основана на виборі режиму управління з бібліотеки, оснащується детекторами транспорту, встановленими в ключових точках керованої дорожньої мережі. За допомогою цих детекторів система оцінює стан трафіку по програмованим критеріям і обирає план, що найбільш підходить для оптимального управління рухом. Для мінімізації наслідків від можливої похибки вимірювання план встановлюється на час від 5 до 30 хвилин, після чого проводиться переоцінка. Системи подібного рівня реалізують принцип зеленої хвилі (зміщення включення зеленого сигналу в залежності від відстані між сусідніми перехрестями).

Статистичні данні на сучасному етапі збираються за допомогою системи Online. Тому дослідник може працювати за ПК. Розглянемо небезпеки при роботі на ПК. Небезпеки, які впливають на дослідника приведені в додатку А. Тут же наведені заходи по їх усуненню. В рамках дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості та напруженості праці були проведені відповідні виміри мікроклімату, освітлення, рівня шуму та інші у лабораторії де є ПК. У додатку А також зроблені розрахунки величин цих шкідливих факторів та приведені заходи з цивільного захисту.

4.1 Заходи з пожежної безпеки

Оскільки приміщення дослідницької лабораторії, що обладнане ПК, має площу 43 м², тому відповідно до вимог п. 5 розділу VI «Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників», «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, передбачені вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5 у кількості 2 штук (з розрахунку один вогнегасник з величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг. і більше, на 20 м² площі приміщення). Додатково, на кожному поверсі будівлі, в якій розміщене приміщення обладнане ПК з ВДТ, передбачене два переносних порошкових вогнегасника – ВП-5. Відстань між вогнегасниками та місцями можливих загорянь не перевищує 10 м.

4.2 Заходи з цивільного захисту

Організація навчання працюючого та непрацюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях.

Згідно до статті 39 «Кодексу цивільного захисту України». Навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях здійснюється:

- за місцем роботи - працюючого населення;
- за місцем навчання - дітей дошкільного віку, учнів та студентів;
- за місцем проживання - непрацюючого населення.

Організація навчання діям у надзвичайних ситуаціях покладається:

- працюючого та непрацюючого населення - на центральний орган виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту,

– дітей дошкільного віку, учнів та студентів – на центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері освіти і науки,

– стандартами професійно-технічної та вищої освіти передбачається набуття знань у сфері цивільного захисту.

– порядок здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях встановлюється Кабінетом Міністрів України.

– громадські організації та позашкільні навчальні заклади здійснюють навчання діям у надзвичайних ситуаціях відповідно до своїх статутів.

Стаття 40 регламентує навчання працюючого населення.

Навчання працюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях є обов'язковим і здійснюється в робочий час за рахунок коштів роботодавця за програмами підготовки населення діям у надзвичайних ситуаціях, а також під час проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту.

ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської роботи були розглянуті питання удосконалення маршрутної мережі Шевченківського району міста Запоріжжя та запропоновані заходи щодо підвищення якості транспортного обслуговування пасажирів.

Методами візуального обстеження були досліджені пасажиропотоки на найбільш пасажиронапружених ділянках маршрутної мережі. Розраховано рівень якості обслуговування пасажирів, який виявився задовільним. При цьому маршрутна мережа є надлишковою та занадто задубльованою різними маршрутами, що проходять по одних і ти же вулицях.

Для удосконалення організації перевезень пасажирів у районі запропоновано закриття низки існуючих маршрутів і відкриття нових із використанням на них пасажиромісткого рухомого складу вітчизняного виробництва — автобусів Богдан А144 та СітіЛАЗ-12. Загальна потреба у новому рухомому складі дорівнює 36 одиниць, з яких 9 — автобуси СітіЛАЗ-12 пасажиромісткістю 120 пасажирів. Додаткові капітальні вкладення на придбання нового рухомого складу оцінюються у 144 млн. грн.

Економічні розрахунки показали, що вартість проїзду для пасажирів при запровадженні нових маршрутів та нового рухомого складу не змінюється та складає 10 грн за одну поїздку. Чиста поточна вартість пропонує рішень при терміні життя проєкту 5 років і ставці дисконтування 0,25 дорівнює понад 186 млн. грн, що свідчить про економічну доцільність впровадження заходів проєкту.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Босняк М. Г. Пасажирські автомобільні перевезення : навч. посібник. К. : Видавничий дім «Слово», 2011. 272 с.
2. Організація та управління пасажирськими перевезеннями : підручник / В. С. Маруніч та ін. К. : Міленіум, 2017. 528 с.
3. 4. Доля В. К. Пасажирські перевезення : підручник. Харків : Форт, 2011. 504 с.
4. Щелкунов В. І. Основи економіки транспорту : підручник. К. : Кондор, 2010. 392 с.
5. Лазуткін М. І., Журавель М. О. Дослідження 35шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості і напруженості праці : методичні вказівки до лабораторного заняття з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» : для студентів усіх спеціальностей та усіх форми навчання : Запоріжжя: ЗНТУ. Каф. ОП і НС,
6. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 ; чинний від 2014-05-30]. К. : МОЗ України, 2014. 37 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>. (Державні санітарні норми та правила)
7. Стеблюк М. І. Цивільна оборона та цивільний захист : навчальний посібник для вузів. К. : Знання, 2013. 487 с.
8. Кодекс цивільного захисту України [Електронний ресурс] – Чинний від 2012-11-21. : станом на 01.01.2019 р. – К. : ВР України, 2012. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>. – (Закон України)

ДОДАТОК А

А.1 Аналіз потенційних небезпек

До потенційних небезпек слід віднести таке:

-при появі підвищеного шуму, джерелами якого є жорсткий диск, вентилятор блока живлення мережі, сканери, пересувні механічні частини принтера. Підвищений шум впливає на центральну та вегетативну нервову систему людини, а також на органи слуху;

-монотонність роботи за ПК приводить до швидшої втоми, це більш ніж 600 однакових дій упродовж 75 % робочого часу за годину. Монотонність роботи, не ергономічність робочого місця призводить до захворювань загально-невротичного характеру у вигляді підвищеної загальної втоми, головного болю, відчуття важкості голови, поганого сну;

-підвищене значення напруги в електричній мережі, і замикання якої може пройти через тіло людини. Пошкодження ізоляції електропроводки може спричинити коротке замикання та уразити оператора. Пошкодження може бути від скручування проводів, через зачеплення ногами за проводи та інше;

-підвищений рівень електромагнітних випромінювань, джерелами яких є блоки живлення (50 Гц), системи кадрової розгортки (5 -2 кГц), блок модуляції променю ЕПТ (5-10 МГц). Електромагнітні поля біля комп'ютера (особливо низькочастотні) негативно впливають на нервову систему, викликаючи головний біль, запаморочення, депресію, безсоння.;

-електризований екран монітору притягує частки пилу, який є у повітрі, та заряджає їх, що визиває роздратованість, сип, запалення шкіри. При роботі на лазерному принтері виділяється озон, який сильно роздратовує слизисту оболонку носа, очей, горла і може приводити до онкологічного захворювання;

-при виникненні короткого замикання та попадання іскри до легкозаймистих матеріалів (бумага, спирт для обтирки та інше) може

виникнути пожежа. Якщо своєчасно її не загасити, то виникне пожежа, яка може призвести до опіків людини;

-негативний вплив шкідливих факторів середовища такі як не задовільнена освітленість, не відповідність нормам мікроклімату, підвищений шум та інше в дослідницькій лабораторії облаштованої ПК

А.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Для запобігання ураження електричним струмом, необхідно всі дроти, що підходять до ПК та до адаптерів, згорнути у спеціальні ізолюючі вкриття (пластмасові коробки). Розташувати їх на стіні, або на полу. Це не дасть можливості пошкодження дротів механічно.

Необхідно враховувати, що будь-який персональний комп'ютер, допоміжне обладнання та периферійні пристрої які експлуатуються разом з ним (принтер, сканер, модем) є електроустановками, які живляться напругою до 1000 В й на них і на все, що пов'язано з їх експлуатацією в повній мірі поширюються вимоги електробезпеки.

Тому з метою забезпечення безпеки, як користувачів, так і обслуговуючого персоналу комп'ютерів, при їх експлуатації в приміщеннях (лабораторіях) обладнаних комп'ютерами, повинні бути повністю дотримані вимоги електробезпеки ДСТУ 7237:2011 «Системи стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту».

Рівні електромагнітних випромінювань моніторів, що вважаються безпечними для здоров'я, регламентуються нормами MPR 11 1990:10 Шведського національного комітету по вимірах і випробуванням. Ці значення рівнів вважаються базовими. Українські нормативні документи повністю збігаються в частині рівнів ЕМІ з вимогами MPR 11.

А.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Джерелом електростатичного поля є позитивний потенціал, який подається на внутрішню поверхню екрана монітора для прискорення електронного променю.

Напруженість поля для кольорових дисплеїв може досягати 18 кВ. Тому із зовнішньої сторони до екрана притягаються з повітря негативні частинки, які при нормальній вологості мають певну провідність.

Якщо зовнішня поверхня екрана заземлена, його електростатичний потенціал знижується: при сухому повітрі на 50%, при вологому більш ніж на 50%. Для зменшення впливу шуму принтера, треба винести його в інше приміщення.

У виробничих приміщеннях, на робочих місцях з комп'ютерною технікою забезпечуються оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості та швидкості переміщення повітря, для легкої робіт категорій 1б, згідно вимог ДСН 3.3.6.042-99 «*Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень*», наведених у таблиці

У відповідності до вихідних даних, були зроблені розрахунки і внесені наявні фактори умов праці та виробничого середовища що впливають на працівника в процесі трудової діяльності їх фактичне значення та час дії до стовпчиків 1, 2, 3, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Відповідно до додатків методичних вказівок [5], за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для дослідника лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за витратами енергії, не перевищують 140 Вт (90-120 ккал/год.) та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії 1б.

З додатків [5], відповідно до категорії робіт 1б, розряду зорових робіт Б-2 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 4, табл.А.1 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Таблиця А.1 — Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Вимірні показники $P_{вим}$	Час дії <i>год.(хв.)</i>	ГДК, ГДР, показники, $P_{доп}$	$X_{визн}$, бали	Клас умов праці	X_i , бали
Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ C$	27,9	7	22,9-25,8	3	3.3	3
Освітленість приміщення $E, лк$	180	7	200	—	1-2	0
Розряд і підрозряд зорових робіт, Z_{op}	Б-2	—	—	—	—	—
Рівень шуму $L, дБА$	94	6	50	—	3.2	1,25
Загальні енергозатрати організму, $Вт$	290	7	290	0,88	3.3	3
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	49000	7	40000	1,07		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	86	7	75	1,0		
Тривалість робочого дня, <i>год.</i>	7	7	8	0,11		

Для окремих факторів і показників за методикою визначеною «Гігієнічною класифікацією праці», визначаємо розрахункові коефіцієнти $X_{визн}$ та вносять їх значення до стовпчика 5, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, додаток Б [5]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінка мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 7.1:

$$X_{визн} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T} = \frac{3 \cdot 7}{7} = 3$$

для показників важкості та напруженості праці розрахункові коефіцієнти визначаються за основними та допоміжними показниками, що є характерними для конкретного робочого місця, за формулою 7.2:

а) загальні енергозатрати організму, $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{290 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,88;$$

б) стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{49000 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,07;$$

в) тривалість зосередження уваги (% від часу зміни), $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{80 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 1,0;$$

г) тривалість робочого дня (зміни), $K_{знач} = 0,15$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{7 \cdot 7 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,11;$$

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 6, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{визн} = 3$, з таблиці 7.2 [35] – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{вим} = 180$ лк, за додатками Г та табл. Г.1 [35] – 2 клас ;

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{вим} = 94$ дБА, за додатками Д та табл. Д.1 [5] – 3 клас, 2 ступінь (3.2);

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{визн}$ за формулою 7.3 [6]:

$$X_{сум} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,88 + 1,07 + 1,0 + 0,11 = 3,07$$

З таблиці 7.3 [5] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{сум} = 3,07$ – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

В результаті досліджень, відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК належать до 3 класу, 3 ступеню.

Тому що при гігієнічній оцінці виявлена наявність шкідливих та особливо шкідливих, важких та особливо важких умов праці, проводимо дослідження фактичного стану умов праці, з метою визначення розмірів доплат за ступені шкідливості факторів виробничого середовища та показників важкості та напруженості праці за бальною шкалою, та вносимо їх значення до стовпчика 7, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для оцінки впливу мікроклімату, виходимо з того що він відповідає 3 класу, 3 ступеню умов праці, а час його дії уже врахований, тому – $X_{cm} = X_i = 3$;

- для забезпечення нормованої освітленості приміщення яка відповідає розряду зорових робіт необхідно провести додаткові розрахунки та визначитися з потужністю ламп, типом ламп та світильників та їх раціональним розміщенням;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 2 ступеню умов праці та діє протягом 5 годин, тому значення X_i визначаємо за формулою 7.4 [5]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8} = 1 \cdot \frac{2 \cdot 5}{8} = 1,25$$

- для оцінки впливу важкості та напруженості праці, виходимо з того що вони відповідають 3 класу, 3 ступеню умов праці, а час їх дії уже врахований, тому – $X_{cm} = X_i = 3$;

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень X_i , за формулою 7.5 [5]

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i = 3 + 0 + 1,25 + 3 = 7,25$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{факт} = 7,25$, на підставі Типового положення «Про оцінку умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці», з таблиці 7.4 [35]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 16 %.

На підставі результатів загальної гігієнічної оцінки умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, а також дослідження фактичного стану умов праці робимо висновки та пропозиції:

1. Умови, важкості та напруженості праці на робочому місці дослідника лабораторії, згідно результатів досліджень, належать до 3 класу, 3 ступеню (особливо важкі та особливо шкідливі умови праці), що не відповідає вимогам Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» до даного робочого місця;

2. Відповідно до класифікації умови, важкість та напруженість праці на робочому місці дослідника належать до категорії 1б, тому необхідно привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії 1б, а саме:

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом - 20,2-22,8°C;

- освітленість приміщення для роботи з дисплеями відповідає розряду зорових робіт Б-2, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах – $E = 200$ лк;

- рівень шуму в робочій зоні дослідника – 50 дБА;

- загальні енергозатрати організму, до 175 Вт;

- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 20000;

- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни), до 50%;

- тривалість робочого дня, 6 або 7 год.

3. Для приведення умов, важкості та напруженості праці до вищезазначених показників необхідно передбачити комплекс заходів які забезпечать нормалізацію умов праці, наприклад:

- для приведення мікрокліматичних умов до відповідності, необхідно забезпечити припливно-витяжну механічну вентиляцію та кондиціонування приміщення;

- для зниження рівня шуму в робочій зоні дослідника необхідно замість матричних принтерів застосувати лазерні; з метою зниження зовнішнього шуму замінити вікна на пластикові з трикамерним склопакетом;

- для зменшення загальних енергозатрат організму, необхідно скоротити тривалість робочого дня 6 або 7 год

- для зменшення напруженості праці від стереотипних рухів за зміну при локальному навантаженні кистей рук та пальців необхідно передбачити перерви, не менш 15 хвилин, кожні 1-2 години;

- для зменшення тривалості зосередження уваги, необхідно скоротити тривалість робочого дня, передбачити додаткові перерви.

4. Якщо, з об'єктивних причин, вищезазначені заходи неможливо виконати, необхідно забезпечити доплати до тарифної ставки (окладу) за особливо шкідливі та особливо важкі умови праці, відповідно до таблиці 7.4 [5], у розмірі 16%