

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА
І АРХІТЕКТУРИ**

**Факультет урбаністики та просторового планування Кафедра
міського будівництва**

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри

доц. Приймаченко О.В. _____

« _____ » _____ 20 р.

Пояснювальна записка

До атестаційної роботи бакалавра

на тему

«Зниження викидів шкідливих речовин на перетині вул. Курчатова - вул.
Милютенка у м. Києві»

Виконав: студент IV курсу,
групи _____ Галузь знань: 19 «
Архітектура та будівництво»
Спеціальність:
192 « Будівництво та цивільна
інженерія» Спеціалізація:
ОПП: «Міське будівництво та господарство»

(прізвище та ініціали)

Керівник _____

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: **урбаністики та просторового планування**

Кафедра: **міського будівництва**

Освітньо-кваліфікаційний рівень: **бакалавр**

Галузь знань: 19 «Архітектура та будівництво»

Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Спеціалізація: «Міське будівництво та господарство»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, доц. Приймаченко О.В.

_____ 2023 року
“ ”

**ЗАВДАННЯ
НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ**

Шугалій Даші Олегівни

1. Тема проекту «Зниження викидів шкідливих речовин на перетині вул.
Курчатова - вул. Милютенка у м. Києві»

Керівники проекту: доц. Шилова Т.О.

ст. викл. Беспалов Д.О.

затверджені наказом вищого навчального закладу № 912/2 від 15.05.2023.

2. Термін подання студентом проекту 8 червня 2023 року,

3. Вихідні дані до проекту: *матеріали генерального плану м. Києва; нормативно-законодавча база на проектування; матеріали транспортної комплексної схеми м. Києва; учбово-методична документація; літературний пошук; натурні обстеження.*

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							2
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (*перелік розділів, які потрібно розробити*)

№ розділу з/п	Найменування розділів пояснювальної записки	Орієнтовний об'єм розділів пояснювальної записки (формат – А4)
1	Вступ	≤ 3
2	Аналітичний розділ	≤ 30
3	Розрахунково-проектний розділ	≤ 30
4	Конструктивний розділ	≤ 10
5	Висновки	≤ 5
6	Список використаної літератури	≤ 2
	Разом	≤ 80

5. Перелік графічних матеріалів проекту

№ розділу з/п	Найменування розділів графічної частини проекту	Об'єм креслень (формат – А1)
1	Аналіз перетину вул. Курчатова - вул. Мілютенка в м. Київ	1
2	Варіанти планувальних рішень	1
3	Поперечні профілі	1
4	Поздовжні профілі	1
5	Транспортне моделювання планувальних рішень	1
6	Вертикальне планування перетину	1
7	Пропозиції конструктивних рішень	1
8	Висновки	1
	Разом	8

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ розділу з/п	Етапи дипломного проекту	Термін виконання етапу	Примітки
1	Дослідження та збір необхідних вихідних даних	12.05.2023	
2	Вступ	13.05.2023	
3	Аналітичний розділ	18.05.2023	
4	Розрахунково - проектний розділ	01.06.2023	
5	Конструктивний розділ	04.06.2023	
6	Висновки	06.06.2023	
7	Список використаної літератури	07.06.2023	
8	Рецензування проекту		
9	Захист проекту	20.06.2023	

Студент _____ Шугалій Д.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Шилова Т.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

_____ Беспалов. Д.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							4
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	6
АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1. Ознайомлення з проблемою шкідливих викидів у містах.....	10
1.2 Причини підвищеної кількості шкідливих викидів на регульованих перетинах та можливі підходи їх вирішення.....	15
1.3. Аналіз ситуації зі шкідливими викидами на перетині вул. Курчатова - вул. Милютенка у м. Києві та перевірка його на відповідність сучасним будівельним нормам	24
РОЗРАХУНКОВО-ПРОЕКТНИЙ РОЗДІЛ	38
2.3. Саморегулююче кільце.....	39
2.4. Перетин з покращеним світлофорним регулюванням.....	49
КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ	58
3.1. Проектування повздовжніх профілів магістралей, які перетинаються...	59
3.2. Вертикальне планування території перетини.....	61
3.3. Проектування стоку в межах перетину магістралей.....	62
3.4. Проектування наземних пішоходних переходів.....	63
3.5. Інженерне обладнання перетину.....	64
3.6. Кошторисно-фінансовий розрахунок.....	69
ВИСНОВОК	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	73

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							5
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Останніми роками різні екологічні проблеми внесені до порядку денного міністерств по всьому світу, а за для їх вирішення було створено багато організацій. Об'єднання людей, що переймаються екологією серед некомерційних організацій стали найбільш швидко зростаючим й за період 2005-2015 рік вони збільшили свою кількість на 15%, що вказує на високу зацікавленість людей в вирішенні екологічних проблем [42].

Забруднення повітря є однією з найсерйозніших екологічних загроз нашого часу. За даними ВООЗ станом на 2019 рік, 99% людської популяції проживало на території де показники забруднення повітря перевищували ті, що були рекомендованими даною організацією [43].

Зокрема, забруднення повітря, спричинене транспортом, викликає чи не найбільше занепокоєння в містах, де на даний момент проживає 56% населення планети, при цьому за останніми прогнозами до 2050 року кількість людей, що проживає в містах зросте до 68% [44].

Так, транспортна інфраструктура є надзвичайно складним для планування об'єктом, що відіграє колосальну роль у світовій економіці. Тож на даний момент перед урбаністами та інженерами стоїть задача створити систему, що буде сприяти подальшому економічному розвитку й не стане шкодити навколишньому середовищі.

За даними досліджень, найвища концентрація забруднюючих речовин, що спричинені транспортом, спостерігаються поблизу перехресть та площ, оснащених світлофорами, що пов'язують зі зміною швидкості транспорту під час під'їзду та протягом руху в межах перетинів, а також з

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							6
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

вимушеною зупинкою автотранспорту на перетинах оснащених світлофорами [45] [46].

Таким чином люди, що перебувають поблизу таких перетинів, піддаються впливу наступних шкідливих викидів – оксид вуглецю, оксид азоту, сірководневі сполуки, вуглеводнів тощо. Тому зменшення викидів на перетинах є важливим кроком до зменшення негативного впливу транспорту на здоров'я людей та довкілля в цілому.

Ця робота буде сфокусована на вивченні різних інженерних рішень щодо зниження кількості шкідливих викидів спричинених транспортом та аналізі їх застосування на перетині вулиць Курчатова та Мілютенка у місті Києві.

Мета роботи – запропонувати інженерні рішення, що допоможуть зменшити та мінімізувати вплив викидів шкідливих речовин, викликаних рухом автотранспорту, на перетині вулиць Курчатова та Мілютенка у місті Києві, забезпечуючи при цьому безпечний та ефективний рух транспорту.

Для реалізації поставленої мети необхідно вирішити наступні **завдання**:

- 1) Дослідити причини важливості контролю шкідливих викидів від транспорту у містах.
- 2) Провести комплексне дослідження перетину, проаналізувати рух транспорту на перетині методом детального транспортного моделювання.
- 3) Визначити найбільш ефективні інженерні рішення по контролю та зниженню кількості шкідливих викидів на перетині.
- 4) Визначити можливі наслідки та вплив обраних інженерних рішень на кількість шкідливих викидів на перетині.

Об'єкт дослідження: перетин вулиць Курчатова та Мілютенка у місті Києві.

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							7
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Предмет дослідження: вплив прийнятих інженерних рішень на кількість шкідливих речовин в межах перетину вулиць Курчатова та Мілютенка у місті Києві.

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							8
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Гіпотеза дослідження: зниження викидів шкідливих речовин та забезпечення потрібної пропускну здатності на перетині вулиць Курчатова та Мілютенка у місті Києві можливо досягти за допомогою створення саморегульованого кільцевого перетину, максимально можливого радіусу без необхідності зносу забудови, та/або модернізації системи роботи світлофорів.

Методи дослідження: аналіз теоретичних джерел, метод компонентного аналізу, порівняння, розрахунки, метод узагальнення, транспортне моделювання, опис, експеримент, спостереження.

Теоретична значущість роботи полягає в тому, що вона розширює наше розуміння проблеми шкідливих викидів на перетинах, їх причин, можливих наслідків. Також робота робить свій внесок в наукову базу знань, що допоможе іншим спеціалістам ефективніше приймати рішення щодо використання тих чи інших підходів, концепцій при вирішенні проблеми шкідливих викидів на перетинах.

Практична значимість дослідження визначається тим, що результати можуть бути використані для реалізації заходів по зниженню кількості шкідливих викидів, як на досліджуваному перетині так і в інших роботах і практичних застосуваннях на інших перетинах.

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							9
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							10
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

1.1. Ознайомлення з проблемою шкідливих викидів у містах

Проблема забруднення довкілля в наш час є особливо актуальною. Антропогенне забруднення становить величезну загрозу для людства. Все більше досліджень вказують на пряму залежність між станом повітря в містах та хворобами, що вражають людей в них.

Аналогічно забруднення повітря є загрозою й для тварин, рослин, ґрунту ґрунтових вод та водойм, на нього ж вказують вчені, як на одну з причин глобального потепління.

ВООЗ визначила 6 забруднювачів, що викликають найбільше занепокоєння для здоров'я людей [47]:

1. Тверді частинки

Визначення тверді частинки або РМ використовується як загальна назва для пилу, що утворюється в атмосфері в результаті перебігу різних хімічних реакцій й складається з дуже дрібних твердих та рідких частинок. Загалом вони поділяються на дві підгрупи в залежності від свого розміру: перша - має розмір менше 10 мікрометрів та позначається P_{10} , друга має розміри менше 2,5 мікрометрів й позначається $P_{2,5}$. Відповідно до висновку Європейської агенції довкілля – транспорт несе спричиняє щонайменше 13% відсотків викидів $P_{2,5}$ та 23% P_{10} у всьому світі, при цьому в деяких містах транспорт відповідальний за майже половину всіх твердих частинок, присутніх у повітрі [36].

Через наявність рідини в своєму складі, їх досить легко вдихнути, в результаті вони спочатку потрапляють у легені а потім й у кров, та починають вражати організм погіршуючи стан здоров'я людей.

Так масштабне дослідження у Середземноморській Європі проведений APHENA та MED-PARTICLES знайшли зв'язок між короткочасним пливом твердих частинок (РМ 2,5) та смертністю від усіх серцево-судинних та респіраторних хвороб [37]. Також проект

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							11
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

MED-PARTICLES показав, що навіть короткочасний вплив повітря, забрудненого твердими частинками пов'язаний з астмою, хронічним обструктивним захворюванням легень, порушенням функцій судин, високим тиском, інфарктом міокарда, інсультом та різними неврологічними захворюваннями, в тому числі й невиліковними, як Хвороба Паркінсона та Альцгеймер [38], [39].

Дослідження Global Burden of Diseases Study, що проводилося у період з 1990 по 2015 рік, встановили зв'язок між рівнем забруднення повітря та 7,6% всіх смертей у світі [40].

Також варто згадати одне з небагатьох дослідження, що вивчало наслідки для людського здоров'я від тривалого впливу забрудненого повітря. Його провело Американське онкологічне товариство у 1982 році, а піддослідними стали 1,2 мільйони людей. Результатом дослідження став висновок, що забруднення повітря дрібнодисперсними частинками підвищувало ризик смертності від усіх причин, серцево-легеневих захворювань та раку легень приблизно на 4%, 6% та 8% відповідно [17,27,28].

Ще однією проблемою є те, що вони продовжують розпадатися на ще більш дрібні частинки в атмосфері й як результат здатні поширюватися на значні відстані. Таким чином вони є загрозою й для об'єктів, що віддалені від джерел забруднення й знаходяться по за містом.

2. Чадний газ

Чадний газ утворюється в умовах нестачі кисню при не повному згоранні вуглеводнів. Прикладом цього може слугувати згорання викопного палива в двигунах автомобілів. За результатами різних досліджень, транспорт спричиняє щонайменше 25% всіх викидів чадного газу у світі [29].

При отруєнні цим газом, спостерігається слабкість, головний біль, нудота, блювота та втрата свідомості. Також вважається що він є однією з

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							12
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

причин глобального потепління та кліматичних змін [19].

3. Діоксиди сірки

Даний газ вважається надзвичайно шкідливим не тільки для людей, але й для всього навколишнього світу, адже він легко вступає в хімічні реакції з подальшим утворенням сірчаної кислоти та сульфатних часток. Таким чином діоксид сірки є однією з причин підкислення ґрунтів та водойм, негативно впливає на ріст рослин, може пошкоджувати будівлі та здатен спричинити появу кислотних дощів.

Основні проблеми, що спостерігаються у людей, що піддаються впливу даного газу в індустріально розвинутих районах є подразнення дихальних шляхів, утворення слизу в легенях, бронхоспазми, бронхіти, почервоніння шкіри, пошкодження очей в тому числі й помутніння рогівки, пошкодження слизових оболонок а також погіршення стану в людей, що страждають від серцево-судинних захворювань.

Основним джерелом діоксиду сірки називають вулкани та діяльність людей, в тому числі за даними Європейської екологічної агенції на долю транспорту припадає близько 10% всіх викидів SO₂ у Європі станом на 2018 рік [30].

4. Оксид азоту

У даному випадку, наслідки від даного газу сильно залежать від його концентрації в організмі людей. При концентрацій понад 0,2 міліграми на кілограм ваги він проникає в легені при вдиху подразнюючи очі та викликає кашель, задишку, хрипи, бронхоспазм та навіть набряк легень. Якщо ж концентрація перевищить показник в 2 міліграми на кілограм ваги, оксид впливає на роботу нашої імунної системи. Тривала дія даної сполуки здатна спровокувати різноманітні хронічні захворювання легень, а також значно погіршити нюх [18].

Окрім цього він здатен значно погіршувати врожайність в результаті пригнічення росту рослин та є однією з причин утворення смогу в містах.

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							13
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Оксид азоту також є забруднювачем, що пов'язаний з транспортом адже він виділяється в результаті роботи двигунів автомобілів, що працюють на викопному паливі. За даними Європейського дослідження «ARNEE», транспорт став причиною близько 40% відсотків викидів оксидів азоту у 2002 році [31].

5. Приземний озон

Ми звикли говорити про озон у вигляді слою, що захищає від шкідливої дії сонця, але приземний озон є надмірно небезпечним. В деяких дослідженнях називають найбільш небезпечним забруднювачем повітря. Через свою антимікробну дію, озон пригнічує ріст рослин та як слідство знижує врожайність. Дослідження під назвою FACE, що було проведене у Китаї, дійшло висновку, що поточний та прогнозований рівень озону викликає втрату врожаю пшениці на 6,4-14,9% та 14,8-23,0% відповідно [32].

Вплив на здоров'я людей полягає в різноманітних біохімічні, морфологічні, функціональні та імунологічні порушеннях. За даними Європейського проекту «ARNEA2» вивчав вплив вмісту озону в повітрі та рівнем смертності.

Вони підраховали, та знайшли зв'язок між концентрацією цього газу в теплий період року коли його кількість в повітрі збільшується, відсоток добової смертності збільшується на 0,33%, смертність від хвороб органів дихання 1,13% та смертність від серцево-судинних захворювань 0,45% [33].

6. Свинець

Забруднення свинцем є надзвичайно шкідливим явищем, адже є високотоксичним металом, що здатен викликали у живих істот тератогенність та мутагенність.

Особливо чутливими до цього металу є саме діти, на стадії плоду їм загрожує тератогенна дія цього металу, що виражається в різноманітних фізичних та психологічних вадах плода. Зниження рівня інтелекту,

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							14
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

порушення зору, порушення слуху, пригнічення імунітету, розвиток серцево-судинних захворювань це не повний список доведених можливих наслідків від надходження ненормованої кількості свинцю в організм дитини.

Навіть у дорослих людей він здатен викликати різноманітні порушення нервової системи, пошкодження печінки та нирок, порушення серцево-судинної системи, негативно впливати на кістки та м'язи.

Не менш небезпечним він є і для рослин. Даний метал здатен гальмувати ріст рослин, пригнічувати їх здатність до фотосинтезу, зменшувати їхню стійкість до різних видів шкідників та хвороб.

За даними ВООЗ, транспорт є відповідальним за 75% всіх свинцевих викидів у навколишнє середовище[34].

У світлі наведеної вище інформації, проблема шкідливих викидів, зумовлених транспортом, має велике значення. Дані, надані різними організаціями, свідчать про значний внесок транспортних засобів у загальний обсяг шкідливих викидів в усьому світі. Тому зменшення кількості шкідливих викидів, що походять від транспорту, є надзвичайно важливим аспектом при будівництві доріг та плануванні транспортної інфраструктури.

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							15
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

1.2 Причини підвищеної кількості шкідливих викидів на регульованих перетинах та можливі підходи їх вирішення

Транспортна система відіграє одну з ключових ролей в світовій економіці, оскільки від неї залежить мобільність людей, можливість доставляти товар та надавати послуги. Таким чином від транспорту залежить сільське-господарство, виробництво, туризм, логістика, експорт та імпорт тощо.

З іншого боку, транспортна система може принести немало проблем, адже вона відповідальна за значну кількість шкідливих викидів, що потрапляють в довкілля. Як наслідок, це впливає на клімат та здатне заподіяти серйозної шкоди здоров'ю людей.

Дослідження показали, що перевантажені транспортні перетини стають небезпечним місцем скупчення шкідливих викидів, через те, що транспорт робить прискорення з умов холостого ходу. Пікова концентрація таких викидів, була виявлена у 29 разів більшою ніж за умов вільного руху [23].

Основною причиною підвищення кількості шкідливих речовин на регульованих перетинах, як у випадку перетину вулиць Курчатова та Мілютенка в місті Києві, є низька ефективність схеми організації дорожнього руху, що призводить до великого обсягу викидів. Розглянемо наступні причини, які сприяють цьому:

1. Збільшення часу очікування: світлофори, які регулюють рух транспорту на перетинах, можуть створювати довгі інтервали очікування для руху автомобілів. Це призводить до тривалого холостого ходу двигуна, коли автомобіль споживає паливо без корисної роботи. Збільшений час очікування призводить до більшого обсягу викидів шкідливих речовин.

2. Зупинка та розгін транспорту: періодичні зупинки та розгони автомобілів на перетинах, спричинені світлофорами, можуть призводити до

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							16
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

підвищеної споживання палива та викидів шкідливих речовин. При кожній зупинці автомобіль повинен знову набрати швидкість, що вимагає додаткового зусилля від двигуна та сприяє більшому викиду забруднюючих речовин.

3. Недосконалість інфраструктури: недоліки у плануванні транспортної інфраструктури, такі як невідповідний розмір перетину, недостатня кількість смуг руху або неправильне розташування світлофорів, можуть призводити до заторів та зниження ефективності руху. Це приводить до довшого часу руху на перетинах, збільшення часу очікування та збільшення обсягу викидів шкідливих речовин.

Отже, для зниження викидів шкідливих речовин на перетині вулиць Курчатова та Мілютенка у місті Києві необхідно розробити та впровадити ефективні заходи, такі як оптимізація світлофорного режиму, вдосконалення інфраструктури та покращення організації руху. Це допоможе зменшити час очікування, зупинки та розгону транспорту, а також зменшити затори та покращити продуктивність руху. В результаті обсяг викидів шкідливих речовин буде значно знижено, що призведе до поліпшення якості повітря та здоров'я мешканців району.

Одним із шляхів збільшення обсягу викидів шкідливих речовин на перетині вулиць Курчатова та Мілютенка у місті Києві може бути застосування саморегульованого кільцевого перетину. Кільцеві перетини є типом перетинів, де рух транспорту відбувається по кільцю проти годинникової стрілки, без необхідності регулювання світлофорами. Це означає, що транспорт може безперервно рухатися, в'їжджаючи на кільцевий перетин.

Застосування саморегульованого кільцевого перетину може мати кілька переваг. По-перше, воно забезпечує плавний рух транспорту без необхідності зупинок та розгону, що сприяє зниженню викидів шкідливих речовин, пов'язаних з цими процесами. По-друге, саморегульовані кільцеві

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							17
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

перетини за певних умов можуть мати вищу пропускну здатність, оскільки вони дозволяють одночасно рухатися транспортним засобам з різних напрямків без перебоїв.

Застосування саморегульованого кільцевого перетину на перетині вулиць Курчатова та Мілютенка у місті Києві може сприяти зменшенню затримок та, відповідно, зменшенню викидів шкідливих речовин. Однак, при впровадженні такого типу перетину необхідно враховувати багато факторів, тому чи справді побудова кільця зможе зменшити кількість шкідливих викидів має бути перевірено за допомогою методів транспортного моделювання.

Саморегульований кільцевий перетин, має й інші переваги, наприклад очікуване підвищення рівня безпеки дорожнього руху. Перетини є осередком конфліктних точок, через що на них за статистикою відбувається більше ДТП. За даними NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration), у США в 2019 році сталося 36 096 аварій з летальним кінцем, з них 22 698 (63%) трапилися саме на перетинах. За даними іншої статистики до 40% ДТП відбувається саме на перетинах. У саморегульованих кільцевих перетинів немає перехрещуваний потоків транспорту, під прямим кутом, як в нашому випадку, що зменшує ризик зіткнень зі значними наслідками [26].

Одним з прикладів такого позитивного впливу саморегульованого кільцевого перетину на кількість ДТП на перетині, є проект «місто в лісі». У Великій Британії, у місті Мілтон-Кейнс, в 1970-х роках в рамках проекту було збільшенню використання саморегульованих кільцевих перетинів. Ця інноваційна на той час система, призвела до зменшення кількості перехресть зі світлофорами. Наступні заміри кількості ДТП в період з 2003 по 2013 роки, показали, що кількість аварій знизилася. До того ж кількість ДТП з летальним кінцем, що сталися саме на саморегульованих кільцевих перетинах становила менше 10% від загальної смертельних ДТП в місті. Це

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							18
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

вказує на те, що такий спосіб організації дорожнього руху може бути більш безпечною альтернативою регульованим перетиним [25], [24].

Крім того, будівництво та впровадження саморегульованих кільцевих перетинів можуть мати значну економічну перевагу. Зменшення черг та часу очікування на світлофорах може призвести до покращення руху транспорту та зниження транспортних втрат, що впливає на загальну ефективність.

Таким чином, впровадження саморегульованого кільцевого перетину для вулиць Курчатова та Мілютенка в місті Києві потенційно може не тільки сприяти покращенню якості довкілля та здоров'я громади, а й виявитися економічно доцільним рішенням, за рахунок зменшення черг та поліпшення ефективності його функціонування.

Іншим варіантом, який можна використати за для зменшення кількості шкідливих викидів на даному перетині є оптимізація світлофорного регулювання.

Одним з найсучасніших методів, який успішно зарекомендував себе, є використання технології "розумних перехресть". Ця технологія може використовувати різні способи для збору інформації про рух транспортних засобів - індуктивні петлі (електромагнітні датчики, вбудовані у дорожнє покриття), відеокамери, звукові датчики, мікрохвильові детектори (виявляють транспортні засоби на перетині шляхом відбиття мікрохвиль від рухомого автомобіля). Вона дозволяє системі реагувати в реальному часі і регулювати тривалість сигналів світлофорів залежно від потоку транспорту та пропускної здатності системи.

Технологія "розумних перехресть" потребує певного періоду адаптації, під час якого вона збирає дані про рух транспорту. Проте в подальшому вона здатна працювати автономно, без потреби в людському втручанні. Система аналізує зібрані дані та відповідно регулює сигнали світлофорів, забезпечуючи оптимальну організацію руху та максимальну

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							19
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

пропускну здатність перетини.

Вдалим прикладом є система "SCATS" (Sydney Coordinated Adaptive Traffic System), яка була впроваджена у місті Сідней, Австралія. Компанія, що є офіційним дистриб'ютором "SCATS" зазначила, що в середньому її впровадження скоротила затримки на 20%, зупинки на 40%, витрату палива на 12% та викиди на 7% [48].

Використання технології "розумних перехресть" в перетині вулиць Курчатова та Милютенка у місті Києві виявиться важливим кроком у поліпшенні руху транспорту та зменшенні шкідливих викидів. Ця інноваційна система забезпечить більш ефективне використання ресурсів та зменшить час очікування на перетині, сприяючи зменшенню черг та поліпшенню якості руху у місті.

В рамках даної роботи неможливо перевірити, як впровадження такої системи вплине на досліджуваний перетин, однак можливо порівняти кількість певних шкідливих викидів, що чинить транспорт в межах вузла, за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення PTV Vissim в межах вузла на реальному перетині, на СПК та перетині з оптимізованим світлофорним режимом для години пік.

Варто також зазначити, що є й інші підходи, що можливо не вирішують безпосередньо проблему затримок транспорту, але які можна використати, щоб зменшити кількість шкідливих викидів.

1. Створення зручної інфраструктури для пішоходів та велосипедистів.

Велосипеди не є повністю екологічно нейтральним видом транспорту, оскільки під час їх виробництва все ж таки викидаються шкідливі речовини. Однак, за розрахунками, на кожен кілометр подоланої відстані велосипедистом випускається лише 5 г CO₂. У порівнянні з цим, виробництво автомобілів спричиняє викиди в обсязі 42 г CO₂ на кілометр, а при їзді автомобілем виділяється близько 271 г CO₂ на пасажиро-кілометр.

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							20
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Тому провідні країни, що піклуються екологією намагаються будувати або покращувати вже наявну вело інфраструктуру та створювати комфортне для пішоходів середовище [49].

Вдалим прикладом цього є місто Копенгаген. За словами генерального директора Датської федерації велосипедистів, Клауса Бондам - «Муніципалітет Копенгагена проводив дослідження і аналізував рівень велосипедного руху в Копенгагені. Кількість людей, які обирають велосипеди на користь автомобілів, заощаджує Копенгагену від 90 000 тон викидів CO₂ щорічно. У порівнянні із загальним викидом 549 000 тон CO₂, це значне скорочення» [50], [51].

2. Вдосконалення та популяризація громадського транспорту.

Громадський транспорт є більш екологічно чистим види транспорту, при середній зайнятості автобус, наприклад, призводить 101 г CO₂ на кілометр, що менше ніж авто з попереднього пункту. При цьому аби наповненість була б вищою, то й викиди на пасажирів були б менше, саме тому популяризація та вдосконалення громадського транспорту є важливими для екології [49].

З точки зору впровадження сучасних технологій управління транспортним рухом, оптимізація маршрутів, використання більш екологічно чистих палив та енергозберігаючих технологій можуть допомогти знизити викиди шкідливих речовин. Наприклад, електричні або гібридні автобуси мають значно менші викиди в порівнянні з традиційними автобусами з двигунами внутрішнього згорання.

Покращення ж інфраструктури громадського транспорту, включаючи будівництво нових зупинок, розширення мережі маршрутів, збільшення частоти руху впровадження зручних методів оплати може зробити громадський транспорт більш привабливим для користувачів. Чим більше людей скористаються громадським транспортом, тим менше буде приватних автомобілів на дорогах і, відповідно, менше шкідливих викидів.

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							21
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

3. Збільшення кількості зелених насаджень.

Збільшення кількості площі зелених насаджень здатне позитивно вплинути на чистоту повітря. Певні дослідження прийшли до висновку що:

1) Рослини здатні фільтрувати та поглинати деякі забруднюючі речовини, наприклад пил та вуглеводні, що можуть осідати на них.

2) Густі зелені насадження, можуть використовуватись у якості бар'єру між проїжджою частиною та навколишнім середовищем, за для додаткового розсіяння та розбавлення викидів від автотранспорту.

3) Рослини сприяють збільшенню кількості кисню в повітрі, та зниженню концентрації вуглекислого газу, це може призвести до загального покращення якості повітря.

Важливо враховувати, що вплив висаджених дерев на рівень забруднюючих речовин може залежати від кількох факторів, таких як тип дерев, розташування, густина насаджень та загальний обсяг забруднення. Крім того, дерева самі можуть піддаватися стресу від забруднення та інших факторів довкілля, що може впливати на їх ефективність у зменшенні забруднення повітря.

4. Запровадження зон з низьким рівнем викидів.

Створення зон з низьким рівнем викидів, таких як Low Emission Zones (LEZ), може значно зменшити кількість шкідливих викидів в урбанізованих зонах.

В таких встановленні обмеження або ж повністю заборонений в'їзд транспортних засобів, що мають високий рівень шкідливих викидів, наприклад, певні види дизельних авто та вантажівки.

Дослідження показують, що запровадження зон з низьким рівнем викидів може призвести до суттєвого зменшення викидів шкідливих речовин, зокрема оксидів азоту (NOx) і частинок PM2.5, в місцевому середовищі

Наприклад, в дослідженні, проведеному в Лондоні, було виявлено,

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							22
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

що запровадження Ultra Low Emission Zone (ULEZ) в центрі міста спричинило зниження рівня оксидів азоту на 29% за період з липня по вересень 2019 [23].

Додатковою перевагою запровадження зон з низьким рівнем викидів є стимулювання переходу до більш екологічно чистих транспортних засобів, таких як електромобілі або гібридні автомобілі, що в перспективі може сприяти подальшому зменшенню кількості шкідливих викидів.

5. Використання екологічних матеріалів при будівництві транспортної системи.

Дорожнє полотно періодично потребує ремонту, реконструкції, а то й повної заміни, крім того транспортна система знаходиться у стані постійного розвитку, що означає постійний процес будівництва. Звісно, що побудова будь-якого об'єкту потребує матеріалів. Так є певні підходи при підборі матеріалів, які допоможуть зробити будівництво більш екологічним:

1) Використовувати матеріали з низьким вмістом шкідливих речовин. Екологічні матеріали можуть бути менш токсичними і мати низький вміст шкідливих речовин, таких як важкі метали, ртуть, летючі органічні сполуки й інші забруднюючі речовини. Це може зменшити викиди при виробництві матеріалів, а також під час експлуатації транспортної системи.

2) Використання вторинних матеріалів.

Використання вторинних матеріалів, таких як перероблений асфальт, скло, метал та інші, може зменшити споживання природних ресурсів і енергії при виробництві нових матеріалів. Це допомагає знизити викиди шкідливих речовин, пов'язаних з видобутком і виробництвом сировини.

3) Утилізація та переробка.

Екологічні матеріали можуть бути більш придатними для утилізації та переробки в кінцевому етапі їх життєвого циклу.

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							23
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Це сприяє зменшенню відходів та забезпечує ефективне використання ресурсів.

Використання екологічних матеріалів при будівництві транспортної системи може сприяти зменшенню шкідливих викидів, зменшенню енергоспоживання та збереженню природних ресурсів. Однак, конкретний вплив цих заходів на викиди залежить від багатьох факторів, які варто враховувати при підборі матеріалів.

Шляхом комбінування та вдосконалення цих та інших методів, проєктувальники та інженери можуть значно впливати на кількість шкідливих речовин у містах і досягти вражаючих результатів. Це, в свою чергу, сприятиме значному поліпшенню якості життя людей, які змушені перебувати у зоні впливу забруднень, спричинених транспортом.

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							24
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

1.3. Аналіз ситуації зі шкідливими викидами на перетині вул. Курчатова - вул. Мілютенка у м. Києві та перевірка його на відповідність сучасним будівельним нормам

Перетин розташований в Деснянському районі міста Київ в межах житлового масиву «Лісовий масив», що складається з дев'яти мікрорайонів, розділених між собою магістралями та бульварами. Загальна площа масиву складає 960 тис м².

Даний територія характеризується досить високим рівнем озеленення, в її межах відсутні великі підприємства. В радіуси 500 метрів від перетину розташовані лише підприємства другого ступеня такі, як кафе, ресторани, магазини, продуктові магазини, ремонтні та сервісні центри тощо.

В межах масиву, на приблизній відстані в 450 м від перетину, розташована одна з 73 станцій української ІТ компанії ЛУН. Вони в межах співпраці з Київським національним університетом імені Тараса Шевченка та за підтримки КМДА створили некомерційний проект з заміряння стану повітря в Києві та інших містах України. За період в 30 діб, з 01.05-31.05 середній показник становить – 24 за шкалою AQI (рис. 1.1.). За даною шкалою, що була розроблена агенцією з охорони довкілля в США, та яка поширилася й використовується в багатьох інших країнах світу, показник в 0-50 означає, що повітря чисте. Основним забрудником є P2,5, що як написано в попередньо, є потенційно небезпечним для здоров'я людей.

Варто зауважити, цей показник жодного разу за 30 днів не виходив за рамки в 50, (починаючи з показника 51 по шкалі AQI повітря переходить в стан «повітря прийнятне», що також вважається нормою). Однак, на графіку видно, що в певні дні були скачки рівню забруднення повітря. Зважаючи на проведений попередній аналіз території, ймовірним поясненням можуть бути особливості погодних умов в цей період та в даному районі. Це

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							25
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

пояснить довгі перерви між підвищенням вмісту шкідливих речовин в повітрі.

Варто також зазначити, що спостерігаються незначні коливання рівня забруднення в ранковий час, вечірній час і вночі. Провівши аналіз території і зазначивши, відсутність великих промислових підприємств і розвинутого сільського господарства, можна припустити, що такий рівень забруднення спричинений транспортними засобами та системами опалення житлових будинків.

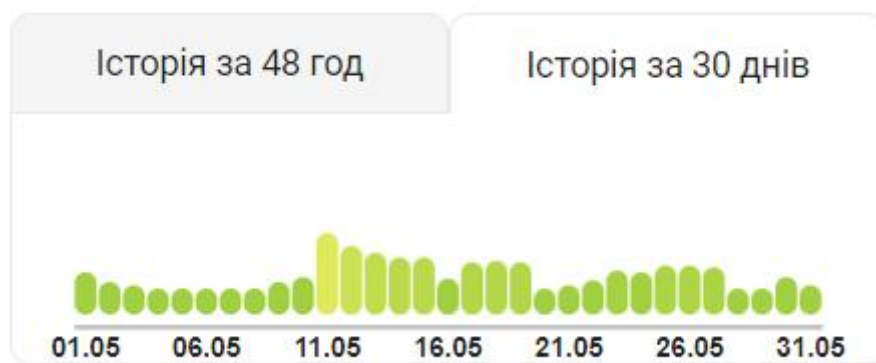


Рис.1.1. Діаграма рівня забруднень на перетині за період 01.05-31.05

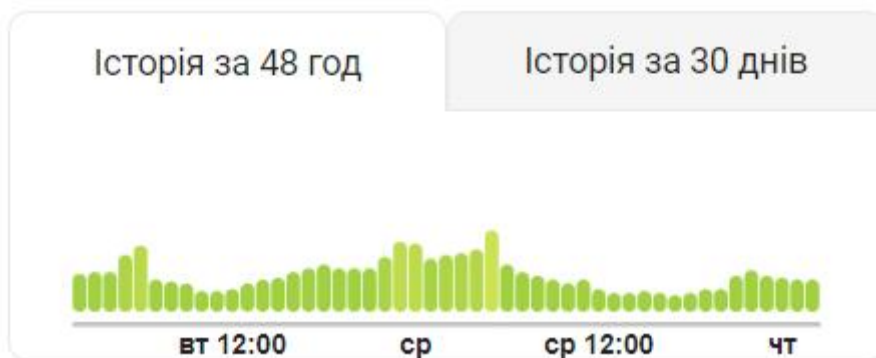


Рис.1.2. Діаграма рівня забруднень на перетині за період 30.05-31.05

Інтенсивність на перетині в годину пік дорівнює зображена у вигляді картограми (рис 1.3.)

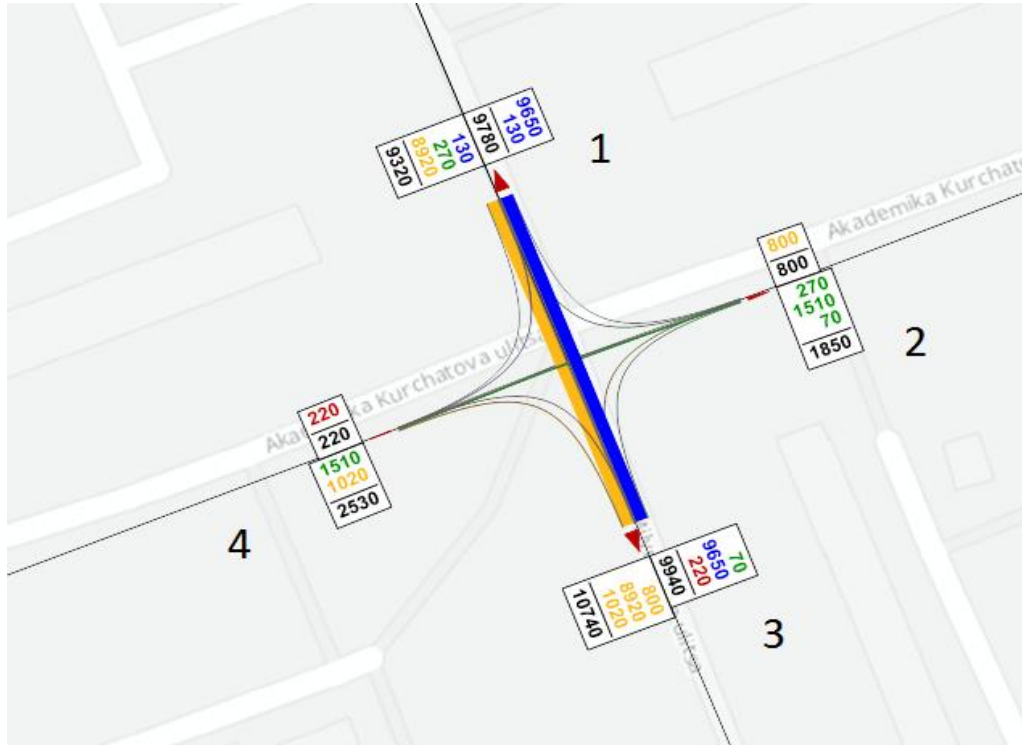


Рис. 1.3. Інтенсивність на перетині в годину пік

Розподіл за напрямками руху інтенсивностей в годину-пік зображено у вигляді таблиці (Таблиця 1.1.).

Таблиця 1.1.

Напрямки руху		Вихід			
		1	2	3	4
Вхід	1	0	27	892	0
	2	0	0	80	0
	3	965	7	0	22
	4	0	151	102	0

Даний масив був забудований в період з 1965 по 1973 рік, що означає, що дороги були побудовані за застарілими будівельними правилами. Це

створює певні обмеження та можливі додаткові витрати, адже на даний момент, вилиці не відповідають новим нормам ДБН.

За даними Генерального плану Києва 2020 року вул. Мілютенка є районною магістраллю. По вулиці курсує громадський транспорт – автобуси (№63, №81), тролейбус (№37) та маршрутні таксі (№241, №242, №544). Всього інтенсивність транспорту може різнитись, залежно від часу дня, але складає не більше 27 од./год. Вона має 4 смуги по 3,5 м метри кожна, розподільчу смугу в 0,3 м. Всього проїжджа частина становить 15,3 м. Відповідно до ДБН [6], таблиця 5.1, районна магістраль може мати смуги не менше 3 м також їх кількість може варіюватися від 2 до 6 штук. Також за ДБН [6], довжина розподільчої смуги в даному випадку має становити не менше 2 м. По всім іншим критеріям дана дорога відповідає Державним будівельним нормам України.

Швидкість транспорту складає 60 км/год. За для регулювання руху транспорту та пішоходів, в межах перетини розташовані наземні пішохідні переходи 5 м завширшки та світлофори з повним циклом в 78с (40с червоне світло, 30 с зелене світло та 4 с жовте). Пропускна здатність даної дороги за даного світлофорного режиму 1003 авт./год., при максимальній інтенсивності 1074 авт./год.

Поперечний профіль існуючого стану перетину на вулиці Мілютенка зображено на рис. 1.4.

Розрахунки проведені під час аналізу перетини:

Пропускна спроможність однієї смуги руху на перегоні визначається за допомогою наступної формули:

$$N_{cm} = \frac{3600V_p}{l_a + l_o + V_p t_p + (k_e - k_1) V_p^2 / [2g(\phi + f \pm i)]} \quad (1.1)$$

де V_p – швидкість руху транспорту;

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							28
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

t_p – час реакції водія та період спрацювання гальмівної системи автомобіля (1);
 l_a – довжина розрахункового автомобіля (5);
 l_b – безпечна відстань між автомобілями, що зупинилися (2);
 k_e – коефіцієнт нормальних експлуатаційних умов гальмування транспорту (1,5);
 k_1 – коефіцієнт гальмування автомобіля в екстремальних умовах (1);
 g – прискорення сили тяжіння (9,81);
 φ – коефіцієнт зчеплення колеса з покриттям проїжджої частини (0,04);
 f – коефіцієнт опору кочення (0,02);
 i – повздовжній уклон ділянки магістралі (0,02).

Тоді пропускна здатність магістралі районного значення:

$$\begin{aligned}
 N_{1-3} &= 3600 * 16,67 / (5 + 2 + 16,67 * 1 + (1,5 - 1) * 16,67 / [2 * 9,81 * (0,4 + 0,02 + 0,02)]) \\
 &= 1509 \text{ авт/год}
 \end{aligned}$$

Так, як на перетині присутній світлофор, то пропускну спроможність смуги руху транспорту варто розраховувати з врахуванням впливу світлофорного регулювання.

$$\delta = \frac{L}{L + \frac{V_p^2}{2a} + \frac{V_p^2}{2b} + V_p(t_{\text{ч}} + 2t_{\text{ж}}) / 2} \quad (1.2)$$

де L – відстань між сусідніми перетинами магістралі, що регулюються, м (425м та 525м);

a – прискорення автомобіля при розгоні (0,8);

b – сповільнення автомобіля при гальмуванні (0,6);

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							29
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

тч, тж – тривалість червоного та жовтого(4) сигналів світлофора для даної магістралі, в секундах.

$$\delta_{1-3} = \frac{425}{425 + 16,672/(2 \times 0,8) + 16,672/(2 \times 0,6) + 16,67(40 + 2 \times 4)/2} = 0,35$$

Тоді пропускна спроможність з врахуванням впливу світлофорного регулювання дорівнює:

$$N'_{см} = N_{см} * \delta, \quad (1.3)$$

де $N_{см}$ – пропускна спроможність однієї смуги руху транспорту на перегоні;
 δ – коефіцієнт впливу світлофорного регулювання на пропускну спроможність магістралі.

$$N'_{см 1-3} = 1509 * 0,35 = 528 \text{ авт/год}$$

Пропускна спроможність магістралі розраховуються за допомогою наступної формули:

$$N_{маг} = N'_{см} * k_n \quad (1.4)$$

де k_n – коефіцієнт ефективності використання смуг руху транспортом.

$$N_{маг 1-3} = 528 * 1,9 = 1003 \quad \text{авт/год}$$

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							30
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		



Рис. 1.4. Існуючий стан вулиці Мілютенка

За даними Генерального плану Києва 2020 року вул. Курчатова є житловою вулицею. По ній не курсує транспорт. Вона має 4 смуги руху по 2,75 м метри кожна, розподільчу смугу в 0,3 м. Всього проїжджа частина становить 11,3 м. Відповідно до ДБН [32], таблиця 5.1, житлова вулиця максимально може мати 2 смуги руху. По всім іншим критеріям дана дорога відповідає Державним будівельним нормам України.

Швидкість транспорту складає 50 км/год. За для регулювання руху транспорту та пішоходів, в межах перетину розташовані наземні пішохідні переходи 5 м завширшки та світлофори циклом в 78 с (30 с червоне світло, 40 с зелене світло та 4 с жовте). Пропускна здатність даної дороги 623 авт./год, при максимальній інтенсивності 253 авт./год.

Поперечний профіль існуючого стану перетину на вулиці Курчатова зображено на рис. 1.5.

Розрахунки проведені під час аналізу перетину:

Пропускна спроможність однієї смуги руху на перегоні визначається за допомогою наступної формули:

$$N_{cm} = \frac{3600V_p}{l_a + l_0 + V_p t_p + (k_e - k_1) V_p^2 / [2g(\phi + f \pm i)]} \quad (1.1)$$

де V_p – швидкість руху транспорту;

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							31
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

t_p – час реакції водія та період спрацювання гальмівної системи автомобіля (1).

l_a – довжина розрахункового автомобіля (5);

l_b – безпечна відстань між автомобілями, що зупинилися (2);

k_e – коефіцієнт нормальних експлуатаційних умов гальмування транспорту (1,5);

k_1 – коефіцієнт гальмування автомобіля в екстремальних умовах (1);

g – прискорення сили тяжіння (9,81);

φ – коефіцієнт зчеплення колеса з покриттям проїжджої частини (0,04);

f – коефіцієнт опору кочення (0,02);

i – повздовжній уклон ділянки магістралі (0,02).

Тоді пропускна здатність магістралі районного значення:

$$N_{2-4} = 3600 * 13,89 / (5 + 2 + 13,89 * 1 + (1,5 - 1) * 13,89^2 / [2 * 9,81 * (0,4 + 0,02 + 0,02)]) = 1559$$

авт./год

Так, як на перетині присутній світлофор, то пропускну спроможність смуги руху транспорту варто розраховувати з врахуванням впливу світлофорного регулювання.

$$\delta = \frac{L}{L + V_p^2 / (2a) + V_p^2 / (2b) + V_p (t_{\tau} + 2t_{\text{ж}}) / 2}, \quad (1.2)$$

де L – відстань між сусідніми перетинами магістралі, що регулюються, м (425 м)

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							32
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

та 525 м);

a – прискорення автомобіля при розгоні (0,8);

b – сповільнення автомобіля при гальмуванні (0,6);

t_ч, t_ж – тривалість червоного(40 для районної та 30 для житлової) та жовтого(4) сигналів світлофора для даної магістралі, в секундах.

$$\delta_{4-2} = \frac{525}{525 + 13,892/(2 \times 0,8) + 13,892/(2 \times 0,6) + 13,89(30 + 2 \times 4)} = 0,4$$

Тоді пропускна спроможність з врахуванням впливу світлофорного регулювання дорівнює:

$$N'_{см} = N_{см} \delta, \quad (1.3)$$

де N_{см} – пропускна спроможність однієї смуги руху транспорту на перегоні;
δ – коефіцієнт впливу світлофорного регулювання на пропускну спроможність магістралі.

$$N'_{см\ 4-2} = 1559 \times 0,4 = 623 \text{ авт/год}$$

Пропускна спроможність магістралі розраховуються за допомогою наступної формули:

$$N_{маг} = N'_{см} \times k_n \quad (1.4)$$

де k_n – коефіцієнт ефективності використання смуг руху транспортом.

$$N_{маг\ 4-2} = 623 \times 1 = 623 \text{ авт/год}$$

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							33
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		



Рис. 1.5. Існуючий стан вулиці Курчатова;

Пропускна здатність однієї смуги руху транспорту у стоп-лінії на перетині для кожної магістралі може бути визначена за формулою:

$$N_{см} = \frac{3600 \cdot (t_з - 0,5V_0/a)}{t_0 T_ц} \quad (1.5)$$

$$N_{см(1-3)} = \frac{3600 \cdot (40 - 0,5 \cdot 8,3 / 0,8)}{1,5 \cdot 78} = 763 \text{ авто/год}$$

$$N_{см(4-2)} = \frac{3600 \cdot (50 - 0,5 \cdot 8,3 / 0,8)}{1,5 \cdot 78} = 1071 \text{ авто/год}$$

де $t_з$ – тривалість зеленого сигналу світлофора для даної магістралі, с;

t_0 – час, необхідний для проходження стоп-лінії, + (1,5 – 4 с);

$T_ц$ – тривалість циклу роботи світлофора на перетині ($t_ч + t_з + 2t_ж$), с;

$$T_ц = 40 + 30 + 2 \cdot 4 = 78 \text{ с}$$

V_0 – типова швидкість проходження перетину (20,0 – 30,0 км/год), м/с.

Тоді пропускна здатність проїзної частини магістралей, що перетинаються, дорівнює:

$$N_{п. ч. 1-3} = N_{см1-3} \cdot k_{кн1-3} \quad (1.6)$$

$$N_{п. ч. 2} = N_{см2} \cdot k_{кн2} \quad (1.7)$$

$$N_{п.ч.(1-3)} = 763 \cdot 1,9 = 1449 \text{ авто/год}$$

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							34
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

$$N_{п.ч.(2-4)} = 1071 * 1 = 1071 \text{ авто/год}$$

Пропускна здатність перетину (вузла):

$$N_{вуз} = N_{п.ч(1-3)} + N_{п.ч(2-4)} \quad (1.8)$$

$$N_{вуз} = 1449 + 1071 = 3150 \text{ авто/год}$$

$$\sum N_{вуз} \geq \sum N_{розр}$$

Було також проведено аналіз перетину за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення PTV Vissim методом детального транспортного моделювання. Транспортне моделювання також підтверджує, що пропускна здатність перетину забезпечується.

Також за результатами транспортного моделювання в PTV Vissim, було встановлено наступні факти:

1. На даному перетині утворюються затори, їх довжини зображені на карті заторів (рис. 1.6.).

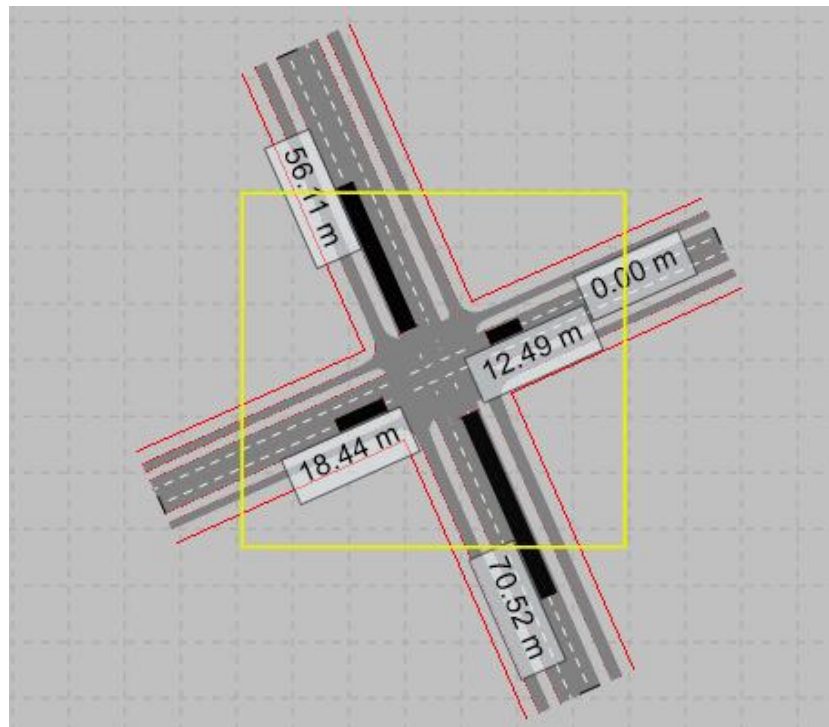


Рис. 1.6. Картограма заторів

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							35
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

2. Швидкості транспортних засобів на різних учатках перетину зображені на карті швидкостей (рис. 1.7.1. та рис. 1.7.2)

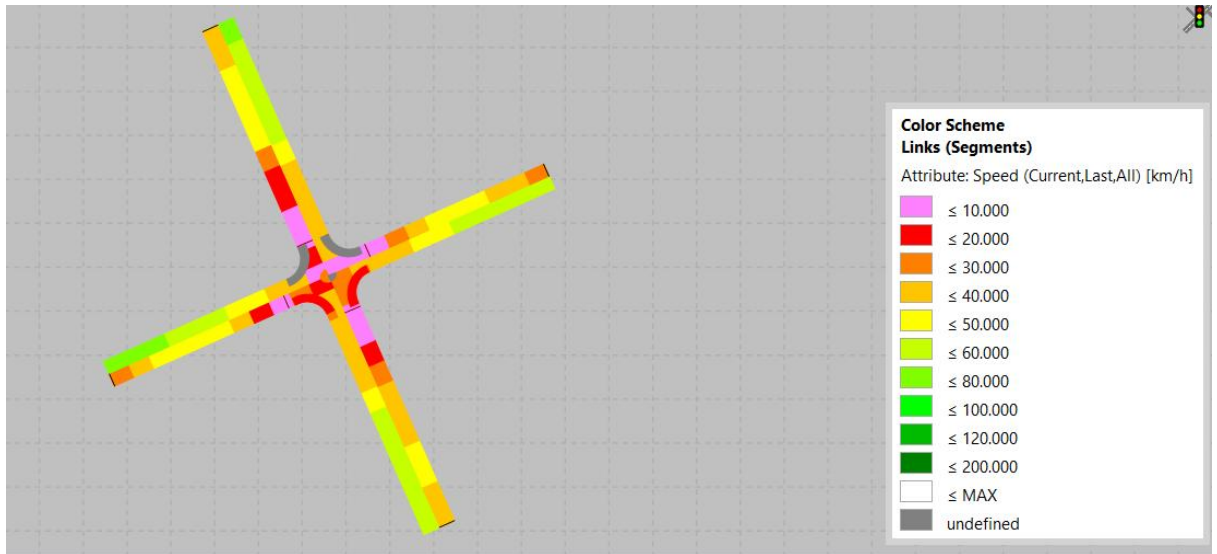


Рис. 1.7.1 Картограма швидкостей

Середня швидкість становить 27,2 км/год.

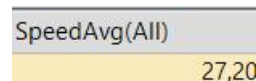


Рис. 1.7.2. Значення середньої швидкості транспорту

3. За результатами транспортного моделювання в програмі PTV Vissim, на даному перетині існують затримки, довжина яких зображена на карті затримок (рис. 1.8.1. та 1.8.2.).

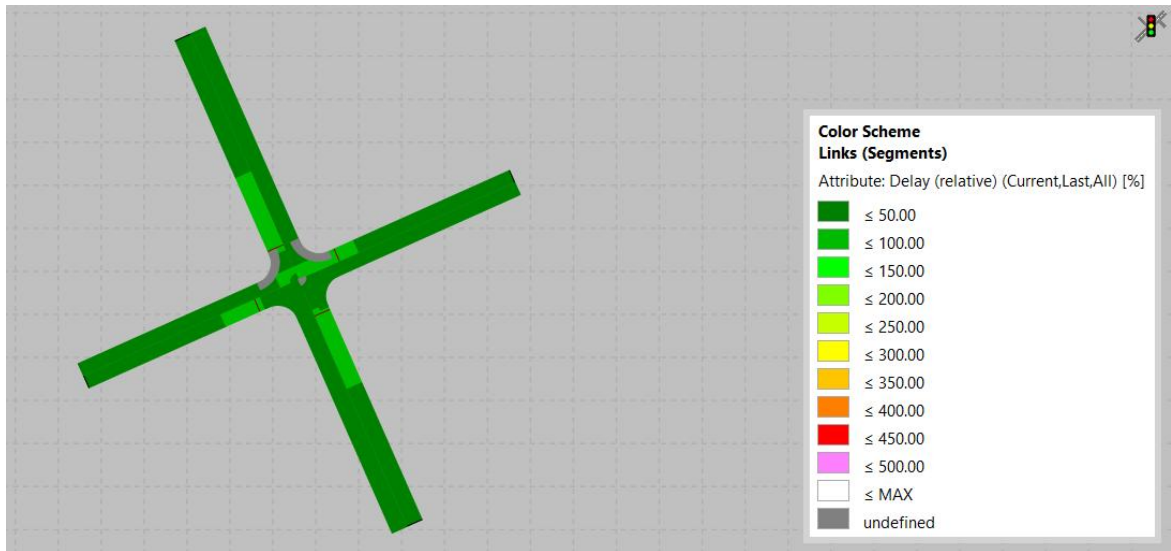


Рис. 1.8.1. Картограма затримок

Загальна тривалість затримок – 4871,91 с.

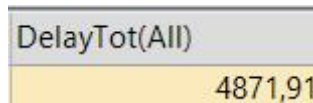


Рис. 1.8.2. Загальна тривалість затримок

4. Навантаження на перетин зображене на карті навантажень (рис. 1.9.).

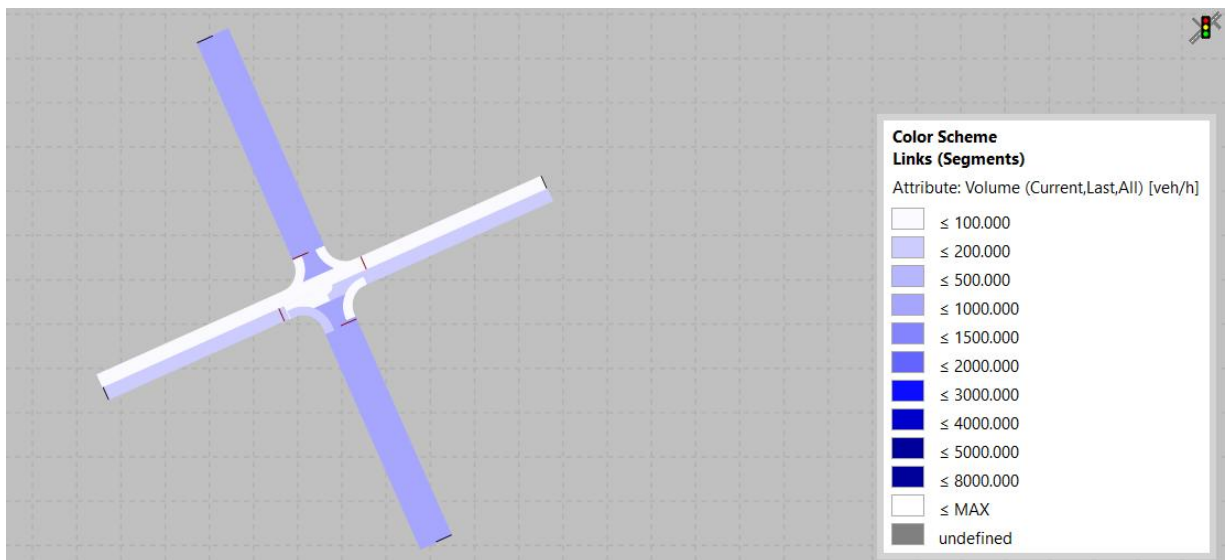


Рис. 1.9. Картограма навантажень

5. Щільність транспортного потоку на перетині зображена на карті щільності транспортного потоку (рис. 1.10.).

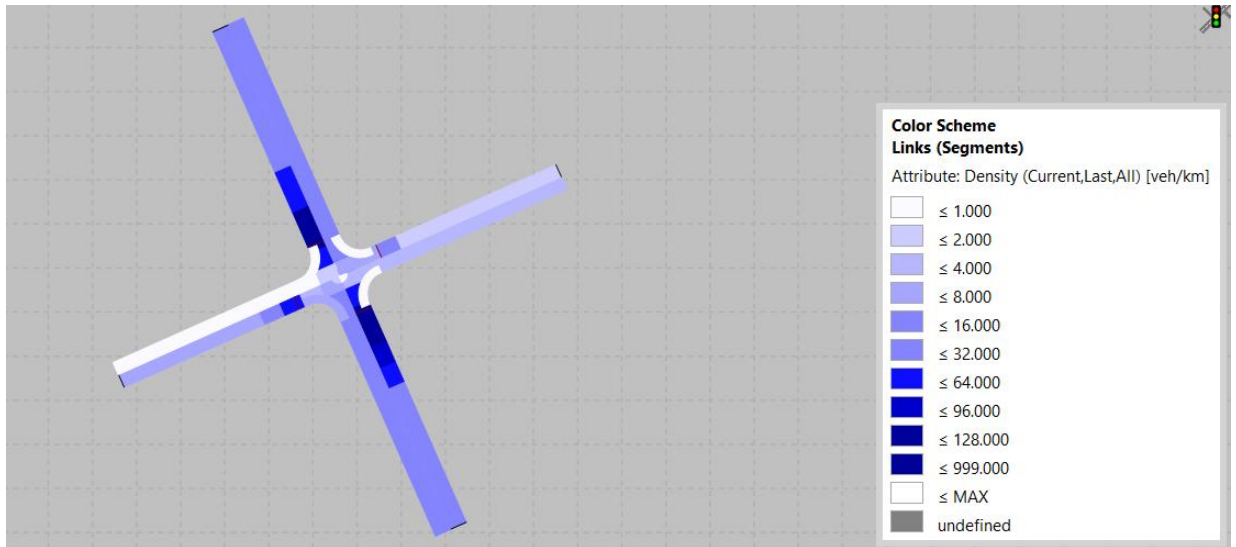


Рис. 1.10. Картограма щільності транспортного потоку

б. За результатами транспортного моделювання в програмі PTV Vissim, під час руху транспорт на даному перетині в годину пік, виробляє:

- 1) CO – 282.722
- 2) NO_x – 55.007
- 3) VOC - 65.523

Також для проходження даного загальні витрати пального – 4,045 галонів (US), або 15.31 літр.

Всі отримані дані зображені на рис 1.11.

EmissionsCO	EmissionsNOx	EmissionsVOC	FuelConsumption
335,366	65,250	77,724	4,798

Рис. 1.11. Дані про шкідливі викиди та розхід палива на перетині;

Зіставивши дані отримані від дослідження стану повітря в районі неподалік від перетину, можна зробити висновок, що він не приносить пагубного впливу для району, однак концентрація поруч перетину, наприклад на пішохідному переході, може бути значно вищою й небезпечнішою для здоров'я людей та навколишнього середовища.

РОЗРАХУНКОВО-ПРОЕКТНИЙ РОЗДІЛ

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							39
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

2.1. Саморегульований кільцевий перетин

Щоб перевірити чи дійсно СКП зможе зменшити кількість шкідливих викидів на перетині ми будемо використовувати спеціалізоване програмне забезпечення PTV Vissim, що здатна підрахувати кількість CO, NOx, VOC та розхід палива в межах перетинів.

Пропускна здатність проїзної частини магістралей, що перетинаються, без впливу на них світлофорів буде дорівнювати:

$$N_{п. ч. 1-3} = N_{см1-3} \cdot k_{п1-3} \quad (2.1)$$

$$N_{п. ч. 2} = N_{см2} \cdot k_{п2} \quad (2.2)$$

$$N_{п.ч.(1-3)} = 1509 \cdot 1 = 1509 \text{ авто/год}$$

$$N_{п.ч.(2-4)} = 1559 \cdot 1 = 1559 \text{ авто/год}$$

Тобто навіть одна полоса руху задовільнить інтенсивність, однак зважаючи на суттєву різницю в інтенсивностях на вулиці Мілютенка та Курчатова, прийнято рішення – залишити всі наявні смуги руху на вулиці Мілютенка та перетворити бокові смуги на вулиці Курчатова на пакувальні смуги. Таке рішення також допоможе зберегти наявний бортовий камінь. Для цього на початку потрібно розрахувати геометричні розміри СПК.

Необхідна кількість смуг руху на СКП визначається за формулою:

$$n = \frac{N_P^{max}}{N_{ПР}} + 1, \quad (2.3)$$

де n – кількість смуг руху в перерізі СКП;

N_P^{max} – максимальна інтенсивність руху на кільці (див. табл. 2);

$N_{ПР}$ – пропускна здатність ділянок перестроювання, од./год;

За для визначення максимальної пропускної здатності ділянок

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							40
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

перестроювання N_P^{max} , потрібно підрахувати інтенсивність в кожному перерізі на СПК. В нашому випадку їх чотири штуки.

Встановлення інтенсивності в перерізах I-IV СПК

I переріз		II переріз		III переріз		IV переріз	
Напрямок руху транс.	NP авт/год	Напрямок руху транс.	NP авт/год	Напрямок руху транс.	NP авт/год	Напрямок руху транс.	NP авт/год
4-4	0	4-4	0	4-4	0	4-4	0
4-1	0	4-1	0	4-1	0	3-3	0
4-2	0	4-2	0	3-3	0	3-4	102
4-3	22	3-3	0	3-4	102	2-2	0
3-3	0	3-4	102	3-1	892	2-3	7
2-2	0	3-1	892	2-2	0	2-4	151
2-3	7	3-2	80	2-3	7	1-1	0
1-1	0	2-2	0	2-4	151	1-2	0
1-2	0	1-1	0	2-1	27	1-3	965
1-3	965	1-2	0	1-1	0	1-4	0
$\sum NP$	994	$\sum NP$	1074	$\sum NP$	1179	$\sum NP$	1225

Бачимо, що найбільша інтенсивність руху спостерігається в четвертому перерізі та становить 1225 од./год. Щоб забезпечити таку пропускну здатність ми маємо правильно обрати довжину ділянки перелаштування, від якої буде залежати наступні показники – швидкість руху транспорту, радіус центрального острівця та пропускну здатність цих ділянок.

Перетин розташований досить близько до житлової забудови, яка

представлена 3-ма дев'ятиповерховими житловими будівлями (адреси - вулиця Академіка Курчатова 11, вулиця Академіка Курчатова 30/12, вулиця Академіка Курчатова 9/21). Таку забудову знести буде досить важко й економічно затратно, а отже, кільце має додаткове обмеження в просторі.

Почнемо з проектування поперечних нових поперечних профілів магістралей та кільця, це дасть нам розуміння, кільце якого максимального радіуса ми можемо вписати.

Розміри геометричних елементів обґрунтовую розрахунками та відповідними нормативами та планувальними рішеннями та зображено на рис. 2.1, рис. 2.2, рис. 2.3.

Необхідну кількість смуг руху на пішохідній частині тротуару визначаю за за допомогою наступної формули:

$$n = N_{\text{п зад}} / N_{\text{п.см.}}, \quad (2.4)$$

де $N_{\text{п зад}}$ – задана величина інтенсивності пішохідного руху в години "пік", піш/год;

$N_{\text{п.см.}}$ – пропускна спроможність однієї смуги руху, піш./год.

Інтенсивність на вулиці Мілютенка складає – 3500 піш/год.

Інтенсивність на вулиці Курчатова складає – 2100 піш/год.

$$n_{1-3} = 3500/700 = 5 \text{ смуг, приймаємо 5 смуг;}$$

$$n_{2-4} = 2100/700 = 3 \text{ смуги, приймаємо 3 смуги;}$$

Ширину пішохідної частини тротуару ($V_{\text{тр}}$) визначаю за формулою:

$$V_{\text{тр}} = n \times 0,75. \quad (2.5)$$

$$V_{\text{тр}1-3} = 5 \times 0,75 = 3,75 \text{ м} \quad V_{\text{тр}2-4} = 3 \times 0,75 = 2,25 \text{ м}$$

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							42
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Величину пропускної спроможності пішохідної частини тротуару ($N_{тр}$) встановлюю за формулою:

$$N_{тр} = N_{п.см.} \cdot V_{тр} / 0,75 \quad (2.6)$$

$$N_{тр1-3} = 700 \times 4,5 / 0,75 = 3500 \text{ чел/год}$$

$$N_{тр2-4} = 700 \times 2,25 / 0,75 = 2100 \text{ чел/год}$$



Рис. 2.1. Запроектований поперечний профіль на кільці



Рис. 2.2. Запроектований поперечний профіль на СКП по вулиці Мілютенка

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							43
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

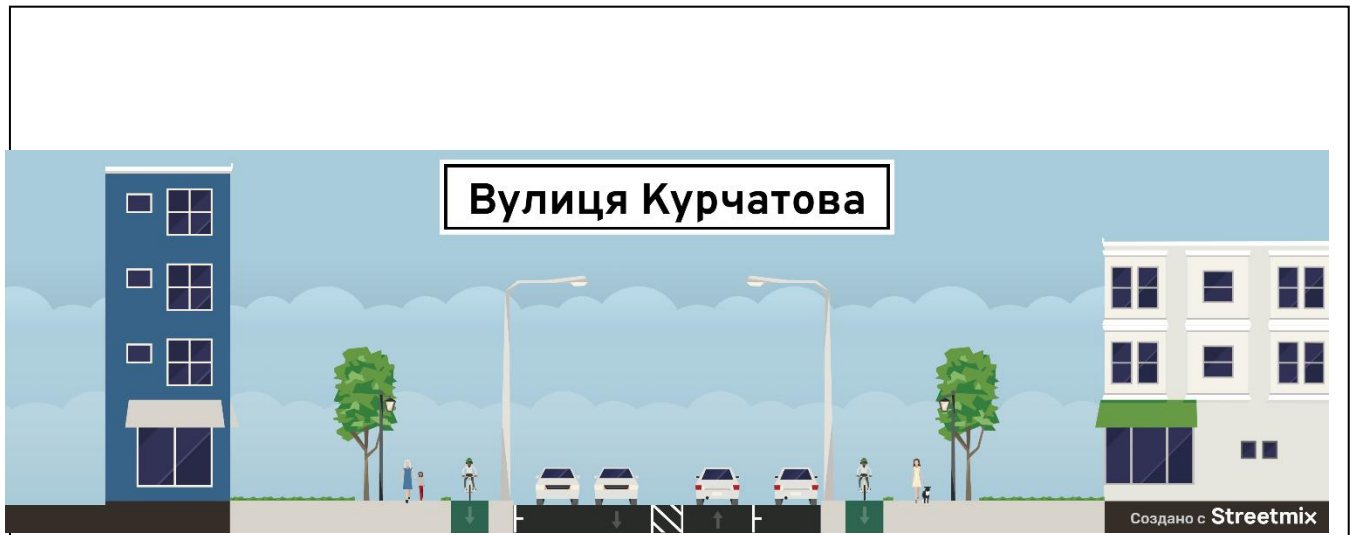


Рис. 2.3. Запроектований поперечний профіль на СКП по вулиці Курчатова

Однією з найголовніших характеристик СКП є довжина ліній переплетення, саме від них залежить безпека та швидкість руху транспорту у межах кільця, а отже і пропускна здатність цього перетину. Проаналізувавши, умови в яких ми теоретично можемо побудувати кільце, та провівши попередні розрахунки, я дійшла висновку, що аби забезпечити потрібну нам інфраструктуру та не допустити зносу будівель, максимальний радіус внутрішнього кільця за умови побудови не більше двох смуг є 20 м.

Скористаємося наступною таблицею, для визначення інших параметрів кільця, в залежності від визначеного радіусу та застосовуючи метод інтерполяції.

Проектні параметри СКП

Розрахунок швидкості руху, км/год	Радіус центрального острівця, м	Ширина проїзної частини кільця, м	Довжина ділянки перелаштування при швидкості руху (м)	Найбільша пропускна здатність ділянок перестроювання, од/год,				
				20	30	40	50	60
25	25	8,5	25	600	-	-	-	-
30	30	10,0	35	800	-	-	-	-

40	40	11,5	45	1000	120 0	-	-	-
50	45	13,0	60	1200	140 0	160 0	-	-
60	50	14,5	70	1400	160 0	180 0	-	-
70	55	15,5	80	1200	140 0	160 0	140 0	120 0
80	60	16,0	90	1000	120 0	140 0	120 0	100 0

Примітка. Розрахункова швидкість руху на кільцевих площах з метою економії території приймається у межах 30-40 км/год.

Тоді внутрішній радіус кільця дорівнює 20 м, довжина ліній переплетень має бути 25 м, а швидкість на кільцевому перетині становитиме 20 км/год.

Радіус правоповоротного з'їзду диференціюємо й встановлюємо 15 та 25 м.

В такому випадку за розрахунками пропускна спроможність СПК дорівнюватиме:

$$N_P^{max} = (n-1) * НПР = (2-1) * 400 = 400; \quad (2.7)$$

де n – кількість смуг руху;

N_P^{max} – максимальна інтенсивність руху на кільці.

Відповідно до розрахунку, запроектоване кільце не здатне забезпечити потрібну пропускну спроможність, перевіримо це твердження за допомогою методу транспортного моделювання в програмі PTV Vissim.

В результаті транспортного моделювання, було виявлено, що дане

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							45
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

кільце може функціонувати й забезпечити потрібну пропускну спроможність. Однак таке рішення буде мати наступні наслідки:

1. Підвищення рівню загальної довжини затору майже 2,5 рази (рис. 2.4.).

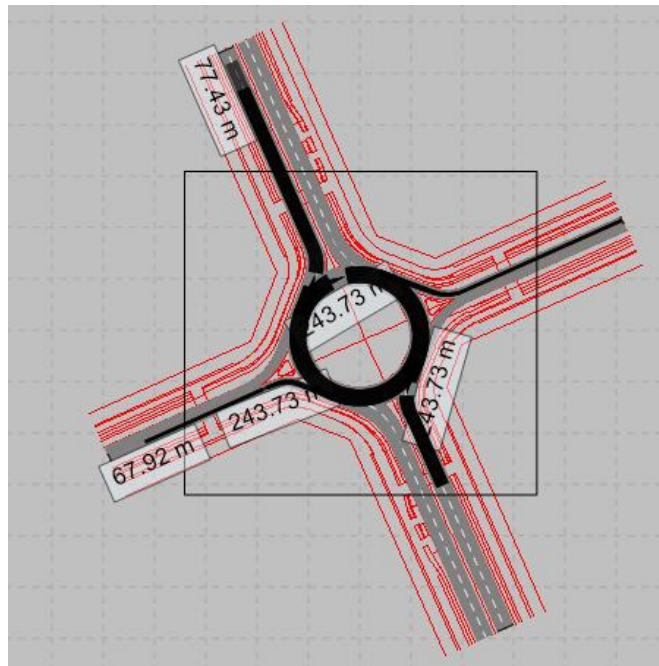


Рис. 2.4. Картограма заторів на СКП

2. Середня швидкість впала на 43,6% (рис 2.5.1. та 2.5.2.).

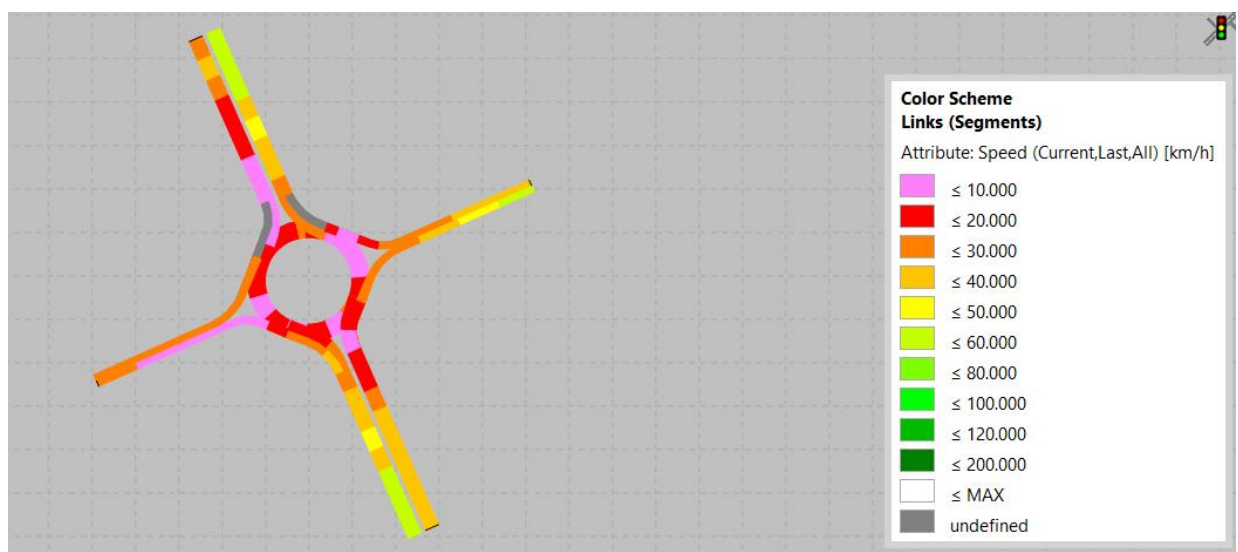


Рис. 2.5.1. Картограма швидкостей на СКП

Середня швидкість дорівнює 15,34 км/год.

SpeedAvg(All)
15,34

Рис. 2.5.2. Значення середньої швидкості транспорту на СКП

3. Підвищення часу затримок, сумарно на майже в 2,5 рази (рис 2.6.1. та 2.6.2.).

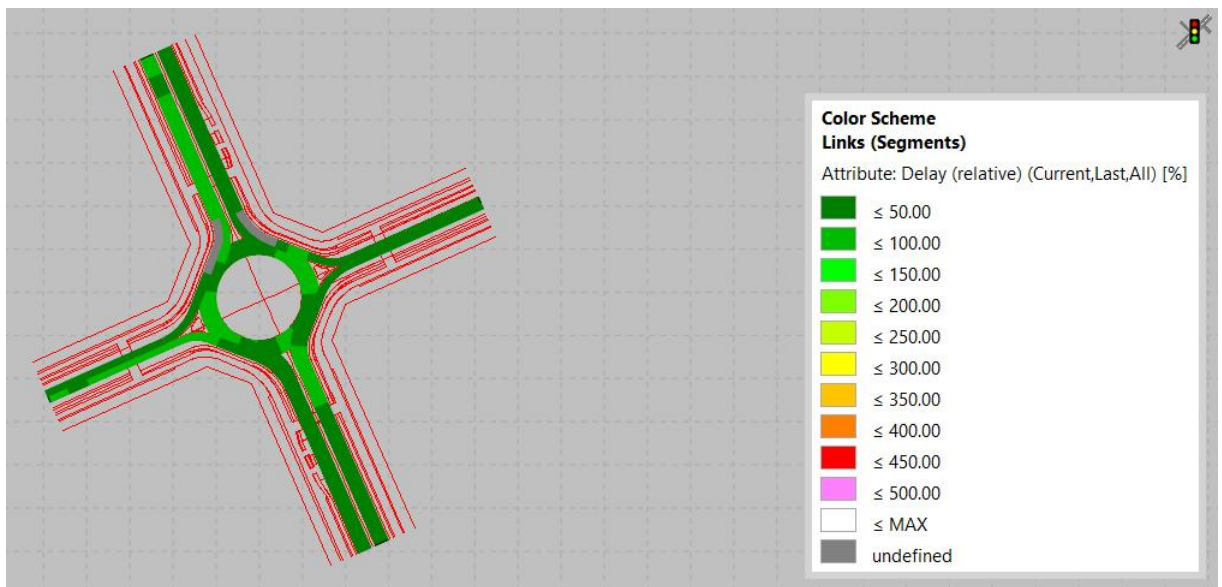


Рис. 2.6.1. Картограма затримок на СКП

DelayTot(All)
11959,38

Рис. 2.6.2. Загальна тривалість затримок на СКП

4. Щільність транспортного потоку на СКП зображена на картограмі щільності транспортного потоку (рис. 2.7.).

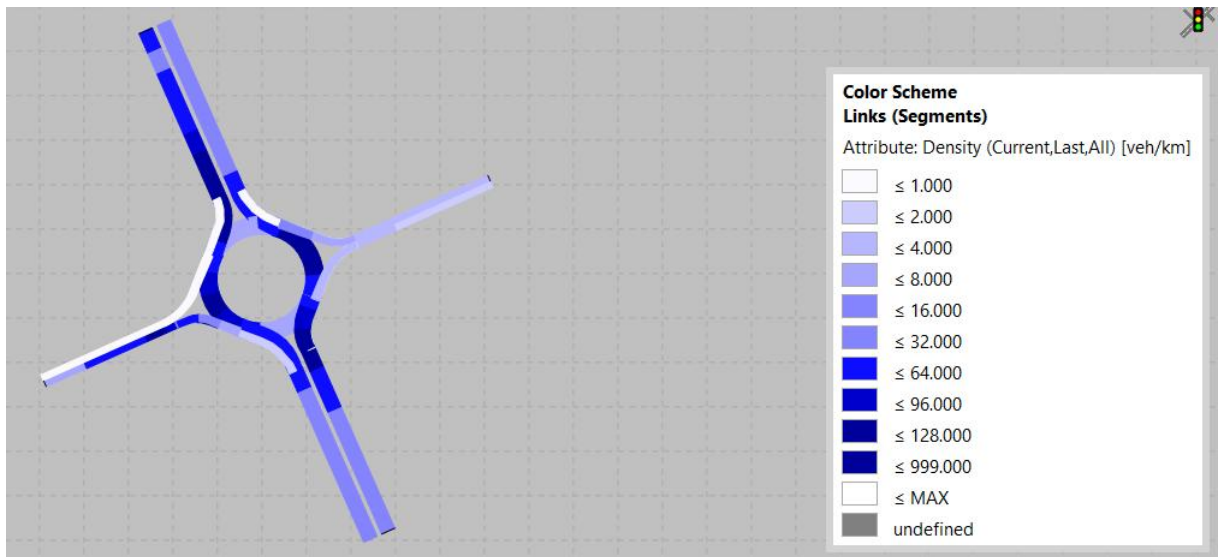


Рис. 2.7. Картограма щільності транспортного потоку на СКП

5. Навантаження на СКП зображене на карті навантажень (рис. 2.8.).

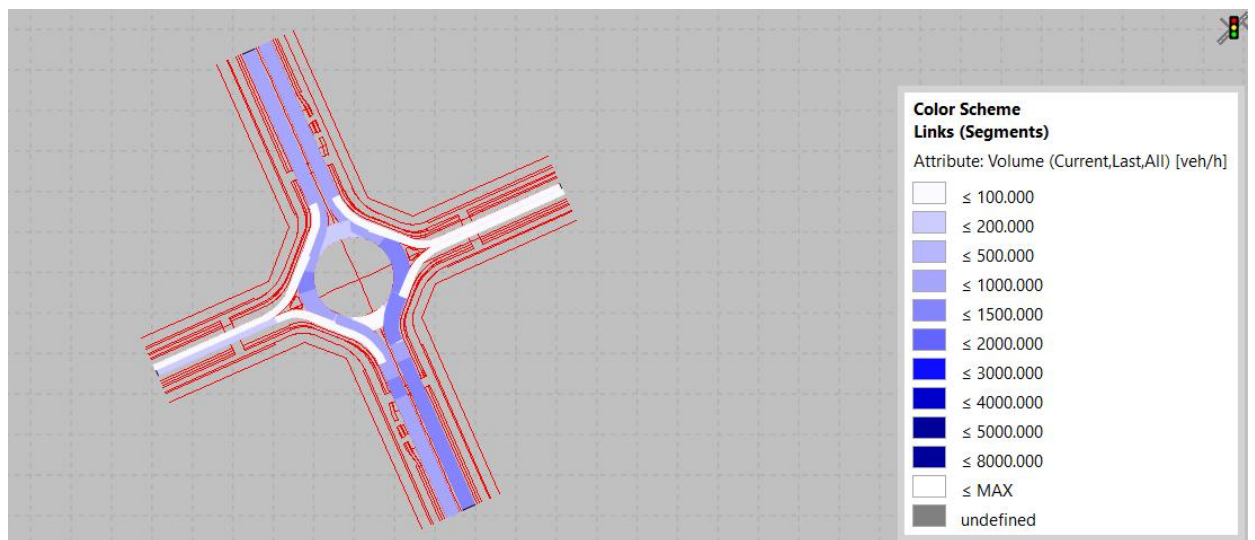


Рис. 2.8. Картограма навантажень на СКП

Так, як основною причиною підвищеної кількості шкідливих викидів поблизу перехресть є постійні зупинки, а потім розгін автотранспортну, то логічно, що за таких показників, викидів га перетині стане тільки більше, що і підтвердило детальне транспортне моделювання.

6. За розрахунками програми, були отримані наступні результати – кількість CO, NO_x, VOC та розхід палива збільшились більш ніж у 4 рази.

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							48
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

EmissionsCO	EmissionsNOx	EmissionsVOC	FuelConsumption
1180,556	229,693	273,605	16,889

Рис. 2.9. Дані про шкідливі викиди та розхід палива на СКП¹

Робимо висновок, що дане спроектоване кільце не зможе зменшити кількість шкідливих викидів на перетині вул. Мілютенка та вул. Курчатова.

на зображені паливо подається у галонах США

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							49
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

2.2. Перетини з новим циклом світлофорного регулювання

Іншим варіантом було визначено покращення системи світлофорного регулювання. Проаналізувавши, інтенсивність руху на обох магістралях, було вирішено збільшити тривалість світлофорного циклу за рахунок тривалість зеленого світла по вулиці Мільютенка та тривалість жовтого сигналу світлофора.

Робимо розрахунки з урахуванням нового світлофорного регулювання (рис. 2.10.).

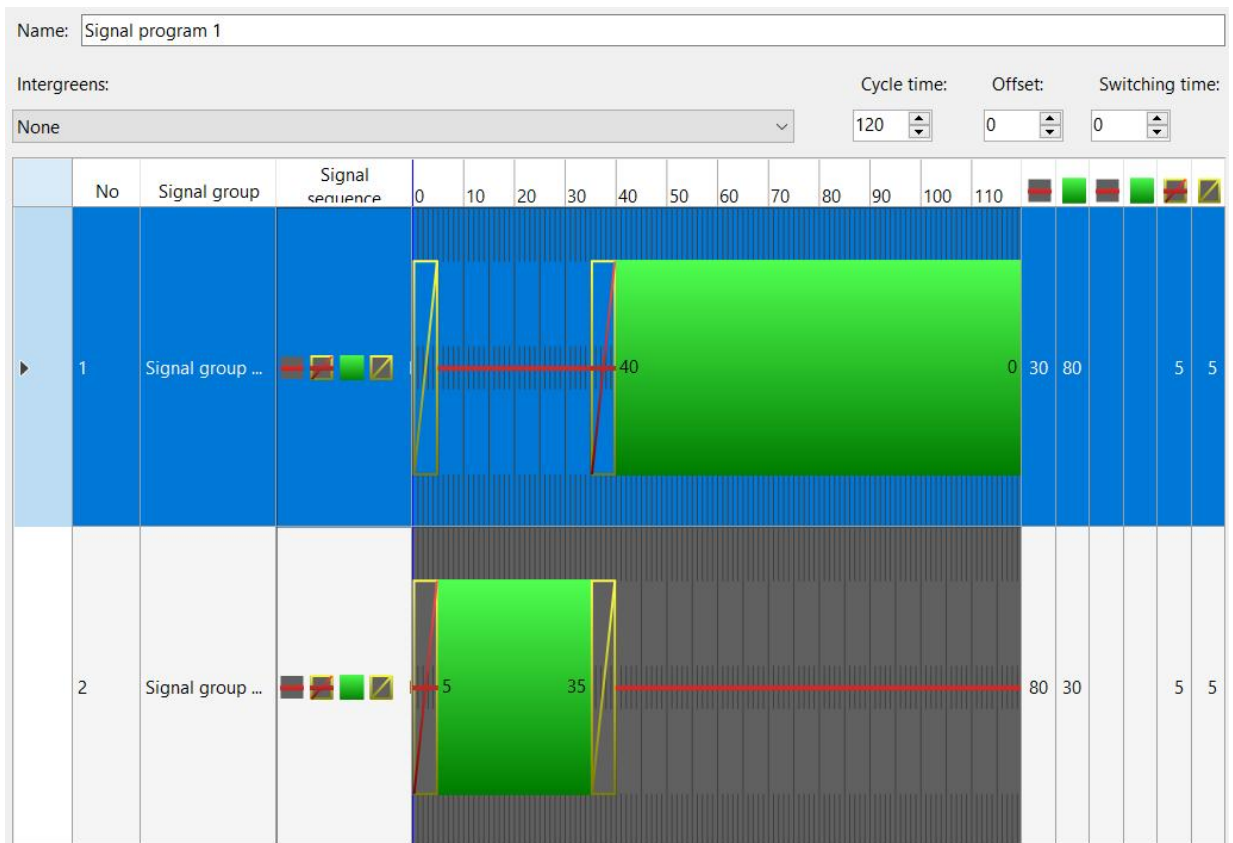


Рис. 2.10. Новий цикл світлофорів;

Розрахунки:

Пропускна здатність однієї смуги руху на перегоні визначається за допомогою наступної формули:

$$N_{\text{см}} = \frac{3600V_p}{l_a + l_b + V_p t_p + (k_e - k_1) V_p^2 / [2g(\phi + f \pm i)]} \quad (2.8)$$

де V_p – швидкість руху транспорту (60 км/год для районної магістралі - 16.67 та 50 км/год для житлової вулиці - 13.89 м/с);

t_p – час реакції водія та період спрацювання гальмівної системи автомобіля (1).

l_a – довжина розрахункового автомобіля (5);

l_b – безпечна відстань між автомобілями, що зупинилися (2);

k_e – коефіцієнт нормальних експлуатаційних умов гальмування транспорту (1,5);

k_1 – коефіцієнт гальмування автомобіля в екстремальних умовах (1);

g – прискорення сили тяжіння (9,81);

ϕ – коефіцієнт зчеплення колеса з покриттям проїжджої частини (0,04);

f – коефіцієнт опору кочення (0,02);

i – повздовжній уклон ділянки магістралі (0,02).

$$N_{1-3} = 3600 * 16,67 / (5 + 2 + 16,67 * 1 + (1,5 - 1) * 16,67^2 / [2 * 9,81 * (0,4 + 0,02 + 0,02)]) = 1509 \text{ авт/год}$$

$$N_{2-4} = 3600 * 13,89 / (5 + 2 + 13,89 * 1 + (1,5 - 1) * 13,89^2 / [2 * 9,81 * (0,4 + 0,02 + 0,02)]) = 1559 \text{ авт/год}$$

Так як ми було змінено світлофорний цикл, то змінився й коефіцієнт впливу світлофорного регулювання на пропускну спроможність смуг. Робимо новий розрахунок використовуючи наступну формулу:

$$\delta = \frac{L}{L + V_p^2 / (2a) + V_p^2 / (2b) + V_p (t_{\text{в}} + 2t_{\text{ж}}) / 2} \quad (2.9)$$

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							51
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

де L – відстань між сусідніми перетинами магістралі, що регулюються, м (425м та 525м);

a – прискорення автомобіля при розгоні (0,8);

b – сповільнення автомобіля при гальмуванні (0,6);

$t_ч, t_ж$ – тривалість червоного (30 для районної та 80 для житлової) та жовтого (5) сигналів світлофора для даної магістралі, в секундах.

$$\delta = \frac{425}{425 + 16,67^2/(2 \times 0,8) + 16,67^2/(2 \times 0,6) + 16,67(30+2 \times 5)/2} = 0,36$$

$$\delta = \frac{525}{525 + 13,89/(2 \times 0,8) + 13,89/(2 \times 0,6) + 13,59(80+2 \times 5)/2} = 0,31$$

Тоді пропускна спроможність з врахуванням впливу світлофорного регулювання дорівнює:

$$N'_{см} = N_{см} \delta, \quad (2.10)$$

де $N_{см}$ – пропускна спроможність однієї смуги руху транспорту на перегоні;
 δ – коефіцієнт впливу світлофорного регулювання на пропускну спроможність магістралі.

$$N'_{см\ 1-3} = 1509 \times 0,36 = 543 \text{ авт/год} \quad N'_{см\ 2-4} = 1559 \times 0,31 = 483 \text{ авт/год}$$

Необхідна кількість смуг руху транспорту на кожній магістралі визначається за допомогою наступної формули:

$$n = N_{розр} / (N'_{см.}) \quad (2.11)$$

$$n = N_{розр} / (N'_{см.}),$$

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							52
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

де n – необхідна кількість смуг руху транспорту в одному напрямку (отримана величина округляється в більший бік);

$N_{розр}$ – розрахункова інтенсивність руху транспорту на магістралі, автом./год;

$N'_{см.}$ – прийнята величина пропускної спроможності смуги руху транспорту, автом./год.

$n_{1-3} = 1074/543 = 1.97 \sim 2$ приймаю 2 смуги;

$n_{2-4} = 253/483 = 0.52 \sim 1$ приймаю 1 смугу, по якій будуть здійснювати рух

Пропускна здатність магістралі розраховуються за допомогою наступної формули:

$$N_{маг} = N'_{см.} \cdot K_n \quad (2.12)$$

де k_n – коефіцієнт ефективності використання смуг руху транспортом.

$N_{маг 1-3} = 543 \times 1,9 = 1031$ авт/год

$N_{маг 2-4} = 483 \times 1 = 483$ авт/год

Перевірка виконання умови для кожної магістралі:

$$N_{маг} \geq N_{розр} \quad (2.13)$$

Для магістралі 1-3:

$1031 < 1074$ - умова не виконується

Для магістралі 2:

$483 > 253$ - умова виконується

Планувальне рішення №1: на магістралі 1-3 прийнято рішення

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							53
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

залишити 2 смуги руху, не зважаючи на те, що фактично умова не виконується, таким чином ми збережемо межі бортового каменю.

Планувальне рішення №2, для того аби зберегти межі бортового каменю на житловій вулиці, ми перетворемо дві крайні смуги в паркувальні смуги.

Розміри геометричних елементів поперечних профілів було обґрунтовано розрахунками та відповідними нормативами та планувальними рішеннями.

Необхідну кількість смуг руху на пішохідній частині тротуару визначаю за за допомогою наступної формули:

$$n = N_{\text{п зад}} / N_{\text{п.см.}} \quad (2.14)$$

де $N_{\text{п зад}}$ – задана величина інтенсивності пішохідного руху в години "пік", піш/год;

$N_{\text{п.см.}}$ – пропускна спроможність однієї смуги руху, піш./год.

Інтенсивність на вулиці Мілютенка складає – 3500 піш/год.

Інтенсивність на вулиці Курчатова складає – 2100 піш/год.

$$n_{1-3} = 3500/700 = 5 \text{ смуг, приймаємо 5 смуг;}$$

$$n_{2-4} = 2100/700 = 3 \text{ смуги, приймаємо 3 смуги;}$$

Ширину пішохідної частини тротуару ($V_{\text{тр}}$) визначаю за формулою:

$$V_{\text{тр}} = n \times 0,75 \quad (2.15)$$

$$V_{\text{тр}1-3} = 5 \times 0,75 = 3,75 \text{ м}$$

$$V_{\text{тр}2-4} = 3 \times 0,75 = 2,25 \text{ м}$$

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							54
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Величину пропускної спроможності пішохідної частини тротуару ($N_{тр}$) встановлюю за формулою:

$$N_{тр} = N_{п.см.} \cdot V_{тр} / 0,75 \quad (2.16)$$

$$N_{тр1-3} = 700 \times 4,5 / 0,75 = 3500 \text{ чол/год}$$

$$N_{тр2-4} = 700 \times 2,25 / 0,75 = 2100 \text{ чол/год}$$



Рис. 2.11. Запроектований поперечний профіль на перетині по вулиці Мілютенка



Рис. 2.12. Запроектований поперечний профіль на перетині по вулиці Курчатова

За результатами детального транспортного моделювання, враховуючи нові планувальні рішення, та новий цикл світлофорного регулювання, отримано наступні результати:

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							55
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

1. Довжина заторів збільшилася на 0,5% (рис. 2.13.).

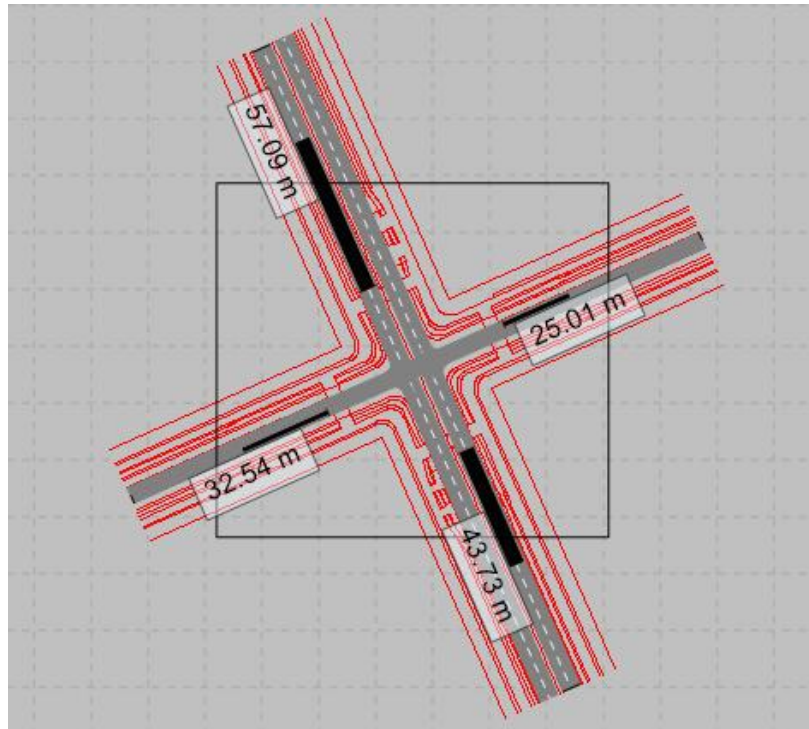


Рис. 2.13. Картограма заторів для нового циклу світлофорного регулювання

2. Тривалість затримок в загальному зменшилася на 3,8% (рис. 2.14.1. та 2.14.2).

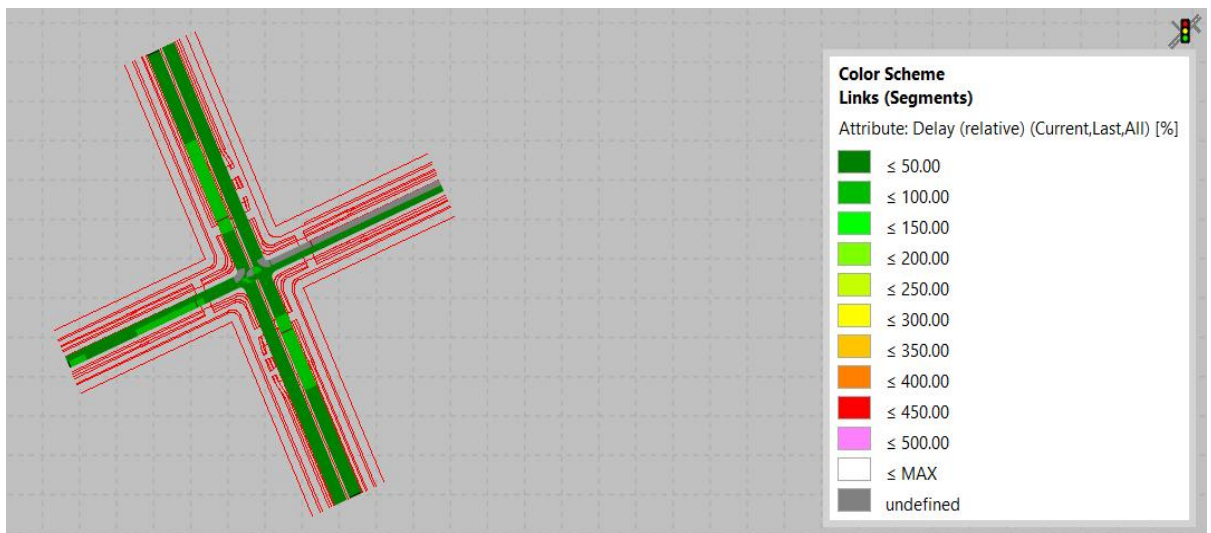


Рис. 2.14.1. Картограма затримок для нового циклу світлофорного регулювання

DelayTot(All)
4692,05

Рис. 2.14.2. Загальна тривалість затримок для нового циклу світлофорного регулювання

3. Щільність транспортного потоку на перетині зображена на картограмі щільності транспортного потоку (рис. 2.15.).

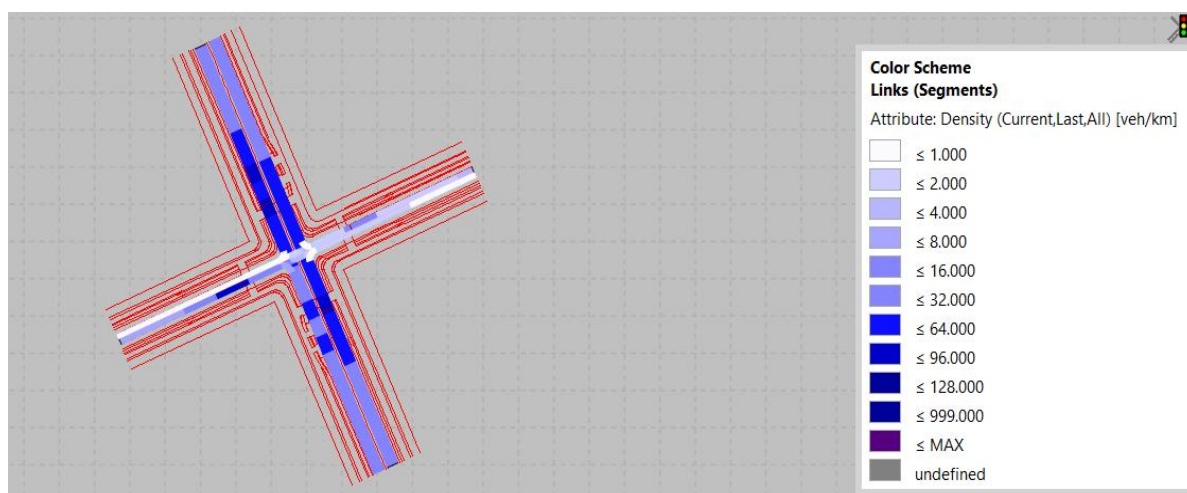


Рис. 1.15. Картограма щільності транспортного потоку для нового циклу світлофорного регулювання

4. Навантаження на перетин зображене на картограмі навантажень (рис. 2.16.)

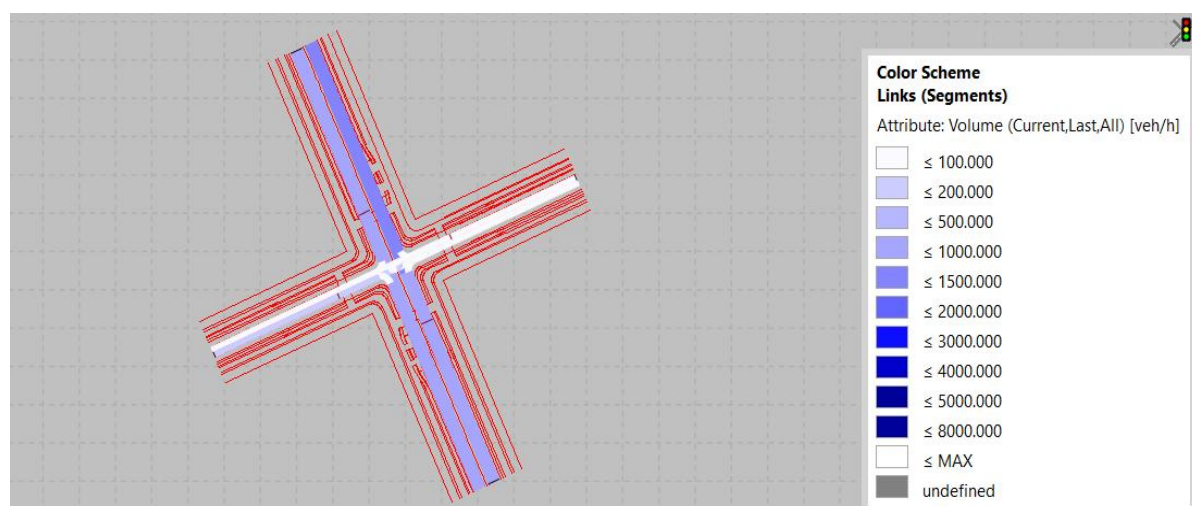


Рис. 2.16. Картограма навантажень для нового циклу світлофорного регулювання

5. Середня швидкість зменшилась на 2,5% (рис 2.17.1. та 2.17.2.).

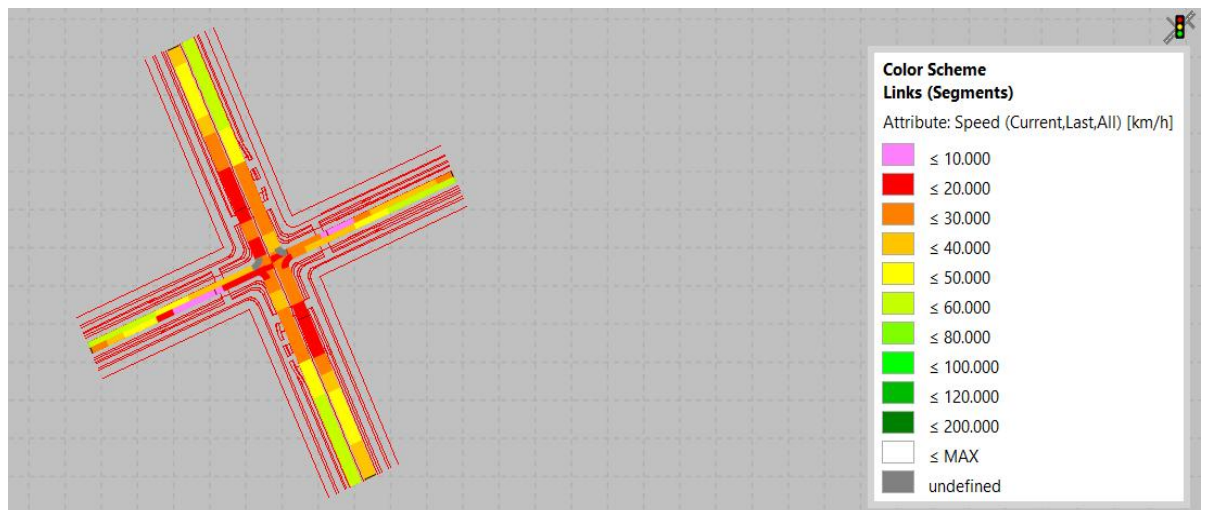


Рис. 2.17.1. Картограма швидкостей для нового циклу світлофорного регулювання



Рис. 2.17.2. Значення середньої швидкості транспорту для нового циклу світлофорного регулювання

6. Кількість викидів CO, NO_x, VOC та витрати пального зменшилася на 26%.

EmissionsCO	EmissionsNO _x	EmissionsVOC	FuelConsumption
247,711	48,196	57,409	3,544

Рис. 2.9. Дані про шкідливі викиди та витрату палива для нового циклу світлофорного регулювання

Отже, в результаті дослідження проведеного за допомогою транспортного моделювання, на перетину вулиць Курчатова та Мілютенка, світлофорне регулювання показало себе, як більш ефективний метод зниження кількості шкідливих викидів, ніж запроєктований саморегульований кільцевий перетин.

КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							59
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

3.1. ПРОЕКТУВАННЯ ПОВЗДОВЖНИХ ПРОФІЛІВ МАГІСТРАЛЕЙ, ЯКІ ПЕРЕТИНАЮТЬСЯ

Повздовжні профілі магістралей, які перетинаються, відбувається з врахуванням висотного положення вулиць. Проектування починається зі створення горизонталей за допомогою програми Infracore. Наступним кроком є визначення точок, де магістраль перетинається з іншими об'єктами, такими як інші дороги, залізничні шляхи, річки або канали.

Далі за допомогою отриманих геодезичних даних, будуть побудовані повздовжні профілі магістралей за допомогою програми Civil3D.

Повздовжні профілі магістралей представляються у вигляді креслень масштабу 1:1000 для горизонтальної площини та 1:100 для вертикальної площини.

Побудова профілів відбувається з врахуванням забезпечення безпеки руху.

У даному проекті ми надаємо пріоритет зменшенню кількості земляних робіт. Досить складний рельєф з великими перепадами висот, потребує влаштування великих об'ємів насипу, що унеможлиблює значне перенаправлення потоків води. Також іншою проблемою є неможливість утрамбувати насипи й їх наступне просідання.

Проектування повздовжних профілів магістралей розпочинається з встановлення мінімального кроку проектування (тобто мінімальної відстані між точками переломлення повздовжнього профілю) відповідно до вимог ДБН[6].

Основні нормативи для проектування повздовжнього профілю визначаються відповідно до розрахункової швидкості, згідно з ДБН[6] (таблиця 2.8), приклад для розрахункової швидкості 25 км/год:

- Максимальний повздовжній уклон - 80 %;
- Мінімальний радіус випуклих вертикальних кривих - 600 м;

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							60
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

- Мінімальний радіус увігнутих вертикальних кривих - 200 м;
- Алгебраїчна різниця уклонів повздовжнього профілю - 15 ‰ і більше.

Розробка повздовжніх профілів для кожної магістралі робиться окремо з урахуванням вищезазначених норм та вимог щодо проектування повздовжнього профілю магістралей, які перетинаються.

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							61
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

3.2. ВЕРТИКАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ ПЕРЕТИНУ

При вертикальному плануванні території перетину, дотримуюся вимог безпеки та зручності руху транспорту і пішоходів, організації поверхневого стоку та мінімізації земляних робіт та будівельних робіт загалом.

Процес вертикального планування виконується шляхом створення проектних горизонталей за визначеною методикою з висотою перерізу 20%.

Креслення оформлюються в масштабі 1:500.

Після виконання проектних горизонталей на проїжджій частині наносять горизонталі на поверхні тротуарів, зелених насаджень та направляючих островців з урахуванням їх висоти над проїжджою частиною. Уклони на проїжджій частині приймаються 20%, а на тротуарах - 15%.

При вертикальному плануванні керуємося таблицею 5.1 та 5.7 ДБН [6].

3.3. ПРОЕКТУВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ В МЕЖАХ

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							62
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

ПЕРЕТИНУ МАГІСТРАЛЕЙ

При проектуванні водовідвідних систем потрібно враховувати багато факторів таких, місцеві природні, архітектурно-планувальні і санітарно-гігієнічні умови, зокрема вимоги ДБН [6] пунктів 6.2, 6.3 і 6.7, а також таблиці 5.1 та 5.7.

Для забезпечення належного водостоку уздовж лотків магістралей та з'їздів, слід дотримуватися вимог щодо мінімальних значень поздовжніх уклонів. Для проїжджої частини поперечні уклони - 20‰, а для тротуарів уклон може бути 10 або 15‰. В даному проекті ми обрали уклон в 15‰.

Споруди, такі як дощоприймальні колодязі, слід розміщувати в найнижчих місцях проїзної частини. Також необхідно забезпечити перехват поверхневого стоку з проїжджої частини та тротуарів магістралей, які перетинаються, до початку перетини.

Також згідно ДБН передбачено розміщення дощоприймальних колодязів перед пішохідними переходами, залежно від напрямку стікання води.

Щодо розміщення решти споруд, що забезпечують організацію поверхневого стоку так, як ширина проїжджої частини менше 30 метрів, вони повинні бути розміщені на відстані, залежно від поздовжнього уклону ділянки магістралі (за винятком локальних найвищих точок), з такими параметрами:

- 1) при уклоні в межах 4-6‰ - відстань 60 метрів;
- 2) при уклоні в межах 6-10‰ - відстань 70 метрів;
- 3) при уклоні в межах 10-30‰ - відстань 80 метрів.

Ці вимоги допоможуть забезпечити ефективне водовідведення, допомогти зекономити на непотрібних в рамках проекту витратах на і запобігти можливим проблемам зі стоком води на магістралях.

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							63
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

3.4. ПРОЕКТУВАННЯ НАЗЕМНИХ ПІШОХІДНОГО ПЕРЕХОДУ

В рамках даного проекту не було надано даних, щодо руху пішоходів на даному перетині, тому було вирішено звернутися до досліджень та, розроблених на їх основі, рекомендацій щодо ширини пішохідних переходів.

Вони розробляли новий метод рівня обслуговування пішохідних переходів, під назвою (PCLOS), для того, щоб переходи стали безпечними для людей, не втрачаючи своєї ефективності.

Так відповідно до їх критеріїв оцінювання, мінімальна ширина переходу складає 2,4 м, однак, якщо інтенсивність на ньому очікується вище ніж 600 людей на годину, то мінімальна ширина має складати 5 м.

Проаналізувавши наявні наземні переходи, що мали ширину 5 м, та можливу інтенсивність пішоходів, виходячи з ширини тротуарів, було прийнято рішення – припустити, що інтенсивність на переходах є більшою за 600 чоловік на годину.

Як результат, наземні пішохідні переходи були запроектовані з відстанню в 15 м від перетину та 5 м від транспортної зупинки. Ширину наземного пішохідного переходу обрано 5 м.

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		64

3.5. ІНЖЕНЕРНЕ ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕТИНУ

Магістральні підземні інженерні мережі розміщено у коробах в межах червоних ліній, смугах для розміщення підземних інженерних комунікацій (на них не дозволяється розміщувати споруди, висаджувати дерева та високорослі чагарники).

Розміщення підземних інженерних комунікацій показано на типовому поперечному профілі магістралей. На плані перетину показано місце прокладання комунікацій.

Освітлення:

Освітлювальні опори слід розміщувати конструктивно з обох боків проїжджої частини з кроком 20-30 м для освітлення тротуарів та велодоріжок і з кроком 30-40 м для освітлення проїжджої частини. Особливу увагу слід приділяти освітленню перехресть магістралей і пішохідних переходів згідно з ДБН [6] пунктами 7.10-7.13.

Сонячні ліхтарі є екологічною та енергоефективною альтернативою традиційним ліхтарям, оскільки вони використовують сонячну енергію для освітлення.

Вони обладнані сонячними панелями, які збирають сонячну енергію протягом дня і перетворюють її на електричну енергію, яка зберігається у вбудованих акумуляторах. Це дозволяє використовувати цю енергію для освітлення вночі. Модель "Solar Street Light" від Philips (рис.1 та рис.2) використовує сонячні панелі для збору сонячної енергії, а також мають опцію підключення до електричної мережі для додаткового живлення. Ці панелі можуть бути розташовані на вершині ліхтаря або окремо від нього, для забезпечення оптимального збору сонячної енергії протягом дня. Ефективні LED-лампи використовуються для освітлення і забезпечують якісне та яскраве світло, при цьому споживаючи мінімум енергії [52].

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							65
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Сонячні ліхтарі мають кілька переваг. По-перше, вони є екологічно чистим джерелом енергії, оскільки не використовують вуглецеві палива та не виділяють шкідливі викиди. По-друге, вони енергоефективні, оскільки використовують сонячну енергію, яка є безкоштовною та необмеженою. Застосування сонячних ліхтарів на перехрестях може допомогти знизити споживання електроенергії та викиди шкідливих речовин, сприяючи поліпшенню екологічної стійкості.

Озеленення:

Зелені насадження на вулицях і дорогах повинні захищати від шуму, пилу та вихлопних газів, а також покращувати мікроклімат. Зелені насадження не повинні перешкоджати руху транспортних засобів та пішоходів. Зважаючи на тему дослідження рекомендується обирати рослини, що здатні поглинати шкідливі речовини.

Дорожній одяг:

Вибір конструкцій дорожнього одягу вулиць, доріг, тротуарів тощо у населених пунктах має ґрунтуватися на техніко-економічних порівняннях кількох варіантів з урахуванням категорії вулиці, інтенсивності руху, складу транспортного потоку, кліматичних та геолого-гідрологічних умов, наявності будівельних матеріалів, підземних комунікацій та споруд, а також вимог безпеки дорожнього руху. Тип конструкції дорожнього одягу можна вибрати згідно з ДБН [7] пунктами 5.2, 5.21 та таблицею 5.3.

Розріз обраної конструкції дорожнього одягу зображена на листі номер 7.

Зупинки громадського транспорту:

Розміщення і обладнання зупинок громадського транспорту слід здійснювати з урахуванням вимог ДБН [6] та СніП 2.05.09. Зупинки повинні розміщуватись за перетиним на відстані мінімум 20 метрів від перетину.

Зелені зупинки громадського транспорту є інноваційним підходом до дизайну та організації зупинок, який включає елементи рослинного озеленення.

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							66
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Основні переваги зелених зупинок громадського транспорту включають:

Екологічність: Рослинне озеленення вбирає вуглекислий газ та інші забруднюючі речовини, сприяючи очищенню повітря навколо зупинки.

Естетика: Зелені зупинки надають природну та привабливу атмосферу, що сприяє покращенню візуального вигляду міста та створює приємну атмосферу для пасажирів.

Кліматичний комфорт: Рослинні насадження забезпечують природну тінь та охолоджуючий ефект, зменшуючи температуру навколишнього середовища.

Звукова ізоляція: Рослини можуть виступати як природний бар'єр, що зменшує рівень шуму від дорожнього руху та інших джерел, забезпечуючи більш спокійне середовище для пасажирів.

Покращення настрою та здоров'я: Зелені насадження мають позитивний вплив на настрій та здоров'я людей. Вони сприяють відчуттю релаксації та позитивних емоцій, а також можуть мати корисний вплив на фізичне здоров'я.

Зелені зупинки громадського транспорту є важливим елементом створення екологічності та сталості у міському середовищі. Вони допомагають зберігати біорізноманіття, покращувати якість повітря та створювати приємніші умови для мешканців та відвідувачів міста.

Одним з прикладів зелених зупинок є модель "Living Bus Stop" від компанії Clear Channel (рис.3). Ця модель надає простір для росту рослин, включаючи вертикальні сади та горщики з квітами [53].

Такі зупинки можуть бути доповнені спеціальними системами за для збирання дощової води.

Системи дощового збору є ефективним рішенням для використання дощової води, яка збирається на дахах зупинок громадського транспорту. Вони дозволяють збирати, зберігати та використовувати цю воду для поливу рослин або в інших цілях, наприклад полив рослин розташованих на зелених зупинках.

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							67
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Одним з прикладів системи дощового збору є "Rainwater Harvesting System" від фірми WISY AG [54]. Ця система має спеціальні фільтри та резервуари для збору та зберігання дощової води. Вона може бути інтегрована у зупинки громадського транспорту і використовувати зібрану воду для поливу рослин на місці або для інших цілей, допомагаючи зберігати водні ресурси та забезпечувати сталість у догляді за зеленими насадженнями біля зупинок.

Світлофори:

Розумні світлофори є інноваційним рішенням, яке може покращити ефективність транспортного руху та забезпечити безпеку пішоходів. Вони використовують сучасні технології, такі як датчики та алгоритми, для адаптації до потоку транспорту та пішоходів.

Ось деякі переваги розумних світлофорів:

Оптимізація потоку транспорту: Розумні світлофори здатні аналізувати інтенсивність руху транспорту на різних напрямках та адаптувати час світлофорного циклу відповідно. Це допомагає зменшити затори та покращити пропускну спроможність дороги.

Зменшення часу очікування: Розумні світлофори можуть реагувати на нагромадження транспорту та пішоходів, надаючи їм пріоритетний доступ і зменшуючи час очікування на перехрестях. Це сприяє зручності та задоволенню користувачів дороги.

Безпека пішоходів: Розумні світлофори можуть бути обладнані датчиками, що виявляють рух пішоходів, і надавати їм додатковий час для безпечного переходу дороги. Це знижує ризик аварій та забезпечує безпеку всіх учасників руху.

Один з прикладів розумної системи світлофорів - "SCATS Adaptive Traffic Control System" від фірми TSS Traffic Signal Systems. За даними розміщеними на сайті дистриб'ютору даної системи, на момент написання наступних даних, завдяки впровадженню таких світлофорів, було досягнуто, в середньому, 15% зниження емісії [55].

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							68
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Завдяки розумним світлофорам, можна досягти більш ефективного використання дорожньої інфраструктури, скоротити час поїздок та покращити загальний досвід учасників дорожнього руху.

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		69

3.6. КОШТОРИСНО-ФІНАНСОВИЙ РОЗРАХУНОК

№ з/п	Види будівельних робіт	Од. виміру	Вартість одиниць виміру, грн	Обсяг робіт	Загальна вартість, грн
Одноразові витрати					
1	Перекладка інженерних мереж	кв. м	15%	-	8280144
2	Монтаж мережи зовнішнього освітлення	шт.	15000	24	36000
3	Монтаж мережі водостоків	1 м. п.	10000	231,17	2311700
4	Влаштування дощеприймальних коло- дязів	шт.	15000	12	180000
Зведення інженерного рішення					
5	Влаштування дорожнього одягу магістралей	кв. м	3000	-	-
6	Влаштування підземного пішоходу	кв. м	10000	-	-
7	Влаштування дорожнього одягу пішохідної частини тротуарів	кв. м	1500	1438,2	2157300
8	Влаштування дорожнього одягу велосипедної частини тротуарів	кв. м	1500	496,81	745 215
9	Установка бортового каменю	1 м. п.	500	-	-

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							70
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

10	Земляні роботи	Зрізка	300	77 628,32	23 288 496
		Насип	300	96 699,83	29 009 949
	Проміжна сума				55 200 960
	Всього				66 008 804

ВИСНОВКИ

Контроль викидів шкідливих речовин є необхідним для забезпечення здоров'я та безпеки мешканців міст. Це може включати впровадження ефективних транспортних стратегій, таких як використання екологічно чистих видів транспорту, вдосконалення систем громадського транспорту, розвиток інфраструктури для пішоходів та велосипедистів, а також впровадження суворих стандартів щодо викидів шкідливих речовин для автотранспорту.

Під час виконання завдань було досліджено причини важливості контролю шкідливих викидів від транспорту у містах, а саме на перетині вулиць Курчатова і Мілютенка у місті Києві, було проведено комплексне дослідження перетину та проаналізовано рух транспорту за допомогою методу детального транспортного моделювання, визначено найбільш ефективні інженерні рішення по контролю та зниженню кількості шкідливих викидів на перетині та можливі наслідки та вплив обраних інженерних рішень на кількість шкідливих викидів на перетині.

Задля досягнення мети та виконання поставлених завдань було спроектовано саморегульований кільцевий перетин та перетин з іншим світлофорним циклом, де збільшена тривалість зеленого світла для дороги з вищою інтенсивністю. Надалі методом транспортного моделювання в спеціалізованому програмному забезпеченні PTV Vissim, що дозволило провести детальний аналіз руху транспорту на перетині, було отримано необхідні для аналізу дані. Аналіз результатів показав, що варіант саморегульованого кільцевого перетину призвів до погіршення показників, таких як загальна довжина затору, час затримок та кількість викидів шкідливих речовин. Зокрема, показники кількості шкідливих викидів та розхід палива підвищились більш ніж у 4 рази. Натомість, варіант перетину з іншим світлофорним циклом, що передбачав збільшення тривалості зеленого

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							72
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

світла для дороги з більшою інтенсивністю, виявився більш ефективним. Довжина заторів збільшилася лише на 0,5%, а тривалість затримок в загальному зменшилася на 3,8%. Крім того, кількість викидів шкідливих речовин таких як CO, NOx, VOC та витрати палива зменшилися на 26%.

Загалом, результати роботи свідчать про необхідність ретельного планування транспортного руху та використання ефективних методів для зниження впливу викидів шкідливих речовин на перетинах магістралей. Отже, це може сприяти покращенню якості повітря та забезпеченню безпечного та ефективного руху транспорту у місті, зокрема на перетині вулиць Курчатова і Мілютенка у місті Києві, що може стати важливим кроком у збереженні здоров'я населення та покращенні екологічної ситуації в цьому районі міста.

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		73

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Посилання на закони України

1. Про регулювання містобудівної діяльності. Закон України від 17 лютого 2011 р. N 3038-VI.
2. Про основи містобудування. Закон України від 16 листопада 1992 р. № 2780-XII.
3. Про дорожній рух. Закон України від 30 червня 1993 р. N 3353-XII.
4. Про охорону праці. Закон України від 14 жовтня 1992 р. N 2694-XII.
5. Про охорону культурної спадщини. Закон України від 8 червня 2000 р. N 1805-III.

Посилання на норми і стандарти України:

6. ДБН В.2.3-5:2018. Вулиці та дороги населених пунктів. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018.
7. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. – К.: Мінрегіон України, 2019. – 174с.
8. ДБН В.2.3-15:2007 Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів. – К.: Держбуд України, 2007. – 50 с.
9. ДБН В.І.І.-3-97. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів і обвалів. Основні положення.
10. ДСТУ Б А.2.4-2:2009 СПДБ. Умовні графічні позначення і зображення елементів генеральних планів та споруд транспорту. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 31 с.
11. ДСТУ Б А.2.4-4:2009 СПДБ. Основні вимоги до проектної та робочої документації. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 70 с.
12. ДСТУ Б А.2.4-29:2008 Автомобільні дороги. Земляне полотно і дорожній одяг. Робочі креслення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 32 с.

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							74
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

Посилання на книги, довідники, навчально-методичні матеріали, статті:

13. Містобудування. Довідник проектувальника /За ред. Т.Ф. Панченко. – К.:Укрархбудінформ, 2001. – 192 с.
14. Осетрін М.М. Міські дорожньо-транспортні споруди: Навчальний посібник для студентів ВНЗ. – К.: ІЗМН, 1997. – 196 с.
15. Міські вулиці, дороги та транспорт: методичні вказівки до виконання навчального практикуму для студентів спеціальності 7.06010103 «Міське будівництво та господарство» денної форми навчання / уклад. М.М. Осетрін, С.В. Дубова, Г.Ю. Васильєва. – К.:КНУБА, 2013. – 28 с.
16. Чередніченко П.П. Вертикальне планування вулично-дорожньої мережі міст: Навчальний посібник. - К.: КНУБА, 2002. – 180 с.
17. Beelen, R., Raaschou-Nielsen, O., Stafoggia, M., Andersen, Z.J., Weinmayr, G., Hoffmann, B., Wolf, K., Samoli, E., Fischer, P., Nieuwenhuijsen, M., et al. (2014). Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: An analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE Project. *Lancet*, 383, 785–795.
18. Chen, T.-M., Gokhale, J., Shofer, S., Kuschner, W.G. (2007). Outdoor air pollution: nitrogen dioxide, sulfur dioxide, and carbon monoxide health effects. *American Journal of Medical Sciences*, 333(4), 249–256.
19. Emberson, L.D., Pleijel, H., Ainsworth, E.A., den Berg, M., Ren, W., Osborne, S., et al. (2018). Ozone effects on crops and consideration in crop models. *European Journal of Agronomy*, 100, 19–34.
20. Fred L. Mannering, Scott S. Washburn., *Principles of Highway Engineering and Traffic Analysis*, 7edition, John Wiley & Sons, 2020, 416 стор.
21. *Traffic Signal Systems Operations and Design: An Activity-Based Learning Approach* - Larry H. by J. Head (2017), 350.
22. *Traffic Engineering Handbook* - Institute of Transportation Engineers, John Wiley & Sons, 19 2016 p. - 688 стор.

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							75
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

23. Greater London Authority 2019 Central London ultra low emission zone: six month report
24. Transport Research Laboratory (TRL). (2007). The Effectiveness of Roundabouts Compared to Traffic Signals. Road Safety Research Report No. 70.
25. Transportation Research Laboratory (TRL). (2002). Roundabouts: An Informational Guide - Second Edition. Federal Highway Administration.
26. National Highway Traffic Safety Administration. (2020). Traffic Safety Facts: 2019 Data - Intersection Traffic Safety.
27. Hoek, G.; Krishnan, R.M.; Beelen, R.; Peters, A.; Ostro, B.; Brunekreef, B.; Kaufman, J.D. Long-term air pollution exposure and cardio-respiratory mortality: A review. *Environ. Health* **2013**, *12*, 43.
28. World Health Organization (WHO); Regional Office for Europe. *Health Risks of Air Pollution in Europe—HRAPIE Project: Recommendations for Concentration-Response Functions for Cost-Benefit Analysis of Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide*; WHO Regional Office for Europe: Copenhagen, Denmark, 2013.
29. IPCC "Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change"
30. EEA Report No 9/2020
31. Bauen, A., Hart, D., & Harrison, R. (2009). Biofuels in the transport sector: An overview. In *Biofuels* (pp. 65-98). Springer, London.
32. The American Journal of the Medical Sciences Volume 333, Issue 4, April 2007, Pages 244-248
33. Gryparis A, Forsberg B, Katsouyanni K, Analitis A, Touloumi G, Schwartz J, et al. Acute effects of ozone on mortality from the “air pollution and health: a European approach” project. *Am J Respir Crit Care Med*. (2004) 170:1080–7. doi: 10.1164/rccm.200403-333OC
34. World Health Organization. (2011). Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe.
35. Atmospheric Environment Volume 107, April 2015, Pages 374-390

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							76
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

36. European Environment Agency Transport and environment report 2021.
37. Stafoggia, M.; Samoli, E.; Alessandrini, E.; Cadum, E.; Ostro, B.; Berti, G.; Faustini, A.; Jacquemin, B.; Linares, C.; Pascal, M.; et al. Short-term associations between fine and coarse particulate matter and hospitalizations in Southern Europe: Results from the MED-PARTICLES Project. *Environ. Health Perspect.* **2013**, *121*, 1026–1033.
38. Weinmayr, G.; Romeo, E.; De Sario, M.; Weiland, S.K.; Forastiere, F. Short-term effects of PM10 and NO2 on respiratory health among children with asthma or asthma-like symptoms: A systematic review and meta-analysis. *Environ. Health Perspect.* **2010**, *118*, 449–457.
39. Thurston, G.D.; Kipen, H.; Annesi-Maesano, I.; Balmes, J.; Brook, R.D.; Cromar, K.; De Matteis, S.; Forastiere, F.; Forsberg, B.; Frampton, M.W.; et al. A joint ERA/ATS policy statement: What constitutes an adverse health effect of air pollution? An analytical framework. *Eur. Respir. J.* **2017**, *49*, 1600419.
40. Cohen, A.J.; Brauer, M.; Burnett, R.; Anderson, H.R.; Frostad, J.; Estep, K.; Balakrishnan, K.; Brunekreef, B.; Dandona, L.; Dandona, R.; et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: An analysis of data from the Global Burden of Diseases Study. *Lancet* **2017**, *389*, 1907–1918

Посилання на інтернет ресурси:

41. Google maps -<https://www.google.com/maps/@50.4767508,30.627914,143m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>
42. National Center for Charitable Statistics - <https://nccs.urban.org>
43. <https://www.who.int/news/item/04-04-2022-billions-of-people-still-breathe-unhealthy-air-new-who-data>
44. UN (World Urbanization Prospects 2018)- <https://population.un.org/wup/>.
45. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00477-012-0560-6> - Spectral analysis of vehicle pollutants at traffic intersection in Hong Kong
Hong-Di He & Wei-Zhen Lu

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							77
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		

46. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/737/1/012146/meta> - Evaluating the Negative Impact of Traffic Congestion on Air Pollution at Signalized Intersection Maan k Alobaidi1, Rawand M Badri1 and Mohammed M Salman1 Published under licence by IOP Publishing Ltd
47. <https://www.who.int/>
48. <https://www.trafficltd.com.au/services/scats/>
49. <https://ecf.com>
50. <https://stateofgreen.com/en/news/our-daily-bike-rides-benefit-the-climate-immensely/>
51. <https://cyclingsolutions.info/cycling-embassy/>
52. <https://www.lighting.philips.co.uk/products/solar>
53. <https://www.clearchannel.co.uk/livingroofs>
54. <https://wisy-water.com/en/rainwater/collecting-rainwater-harvesting>
55. <https://www.scats.nsw.gov.au/home>

						БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА	Лист
							78
Зам.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		