

1.5. CAD SUB-SYSTEM OF CALCULATION OF PROTECTION AGAINST NOISE IN URBAN PLANNING

На сьогоднішній день акустошумове забруднення є одним з важливих чинників шкідливого впливу на навколишнє середовище і здоров'я людини. Жителі сучасних міст постійно знаходяться в умовах шумового дискомфорту. Шумове забруднення стає причиною багатьох захворювань, тривалий вплив шуму веде до зниження продуктивності праці, до погіршення якості життя і значних економічних втрат у зв'язку з виконанням заходів щодо поліпшення екологічної ситуації.

Як відомо, основними джерелами шуму в містах є автомобільний, залізничний і повітряний транспорт. Сучасне життя вже неможливо уявити без транспортних сполучень, перевезень вантажів, доставок товарів і т.п. Отже, рівень шумового забруднення в містах буде рости з кожним роком. Поліпшити ситуацію шумову ситуацію непросто, але акустичне благополуччя міст – важлива проблема багатьох галузей містобудування та рішення даної ситуації можна досягти тільки при комплексному підході.³⁶

Метою роботи є розробка підсистеми САПР розрахунку захисту від шуму в містобудуванні та побудови трикутників акустичних тіней.

Завдання роботи:

- розглянути вимоги та загальні положення з проектування захисту від шуму міста стосовно СНіП, ДБН та ДСТУ;
- сформуванню модель розрахунку та проектування захисту від шуму магістральних та житлових категорій вулиць;
- виконати програмну реалізацію моделі розрахунку та етапів проекту захисту від шуму.

У будівельних нормах наведені положення, спрямовані на забезпечення основної вимоги "Технічного регламенту будівельних виробів, будівель і споруд"^{36,37} стосовно захисту від шуму. У будівельних нормах наведені правила проектування захисту від шуму територій з нормованими рівнями шуму і об'єктів будівництва з застосуванням містобудівних, архітектурно-планувальних заходів та акустичних засобів зниження шуму, норми допустимих рівнів шуму на територіях і в приміщеннях будинків різного призначення, положення щодо проведення акустичного розрахунку і оцінки шумового режиму на територіях і в приміщеннях будинків, вимоги до звукоізоляції внутрішніх і зовнішніх огорожувальних конструкцій житлових і громадських будинків, порядок вибору і застосування планувальних заходів і акустичних засобів для зниження рівнів шуму до величин, встановлених санітарними нормами. Положення будівельних норм встановлюють мінімальні вимоги до акустичних показників об'єктів будівництва. За узгодженням із замовником (споживачем, інвестором) рівень вимог щодо звукоізоляції огорожувальних конструкцій і допустимих рівнів шуму для об'єктів нового будівництва може бути підвищеним у порівнянні з вимогами цих будівельних норм.

У розвиток цих будівельних норм розроблені такі нормативні документи: ДСТУ-Н Б В.1.1-32 "Настанова з проектування захисту від шуму в приміщеннях засобами звукопоглинання та екранування", в якому наведено методи розрахунку зниження рівнів шуму в приміщеннях із джерелами шуму при застосуванні звукопоглинальних конструкцій і акустичних екранів, методи розрахунку акустичної ефективності екранів та необхідної площі звукопоглинального облицювання, вимоги щодо вибору і розміщення вказаних засобів зниження шуму для забезпечення найбільш ефективного їх застосування; ІСС «Зодчий» ДСТУ-Н Б В.1.1-33, ДБН В.1.1-31:2013 В "Настанова з розрахунку та проектування захисту від шуму сельбищних територій", в якому наведено методи розрахунку шумових

³⁶ ДБН В.1.2-10-2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму [Текст]. – Введ. 2008-10-01. – К. : ДП Укрархбудінформ, 2008. – 10 с.

³⁷ СНіП 23-03-2003. Система нормативних документів в строительстве. Защита от шума [Текст]. – Введ. 2004-01-01. – М. : Госстрой, 2004. – 38 с.

характеристик потоків автомобільного транспорту, потоків трамваїв, залізничних поїздів і поїздів наземного метро, потоків водного транспорту, авіаційного транспорту та внутрішньоквартальних локальних джерел шуму, методи розрахунку очікуваних рівнів шуму від транспортних потоків на території житлової забудови і необхідного його зниження, методи визначення акустичної ефективності засобів захисту від транспортного шуму.^{38,39}

Всі перераховані норми і правила необхідно враховувати при дослідженні території, яку необхідно проектувати з урахуванням захисту від шуму.

Розрахунок еквівалентного рівня шуму. На практиці розрахунок еквівалентного рівня шуму $L_{екв}$ виконують на стадії проектування об'єктів містобудівного профілю для визначення умов комфортності міського середовища. Це дає можливість прогнозувати заходи забудови кварталів, організації руху різних видів транспорту, визначити заходи захисту від шуму та ін.

Для попередніх розрахунків еквівалентного рівня шуму $L_{екв}$ в ДБА на вулицях і дорогах міст за умовами руху транспорту в годину "пік" допускається користуватися нормативними документами, що дозволяють визначити еквівалентний рівень залежно від категорії вулиці чи дороги й кількості смуг руху транспорту в обох напрямках. Наприклад, на магістральній вулиці загальноміського призначення з безперервним рухом при 6 смугах руху транспорту в обох напрямках рекомендовано приймати рівень 84 ДБА, а при 8 смугах – 85 ДБА.

Для більш точних розрахунків еквівалентного рівня шуму Є.П. Самойлюк (ДБІ) застосував метод розрахунку, що враховує склад транспортного потоку на вулиці, тому що наявність вантажного і громадського транспорту в потоці значно (до 8 ДБА) перевищує рівень шуму, враховує швидкість і інтенсивність руху транспорту, наявність автомобілів з дизельним двигуном, тип дорожнього покриття та інші фактори, що впливають на рівень шуму.⁴⁰

Повинено, застосовуючи метод Є.П. Самойлюка, розрахувати еквівалентний рівень шуму на вулицях, які обмежують групу житлових будинків, обрану для подальшого благоустрою, для визначення в ній умов комфортності міського середовища.

Вихідні дані для розрахунку еквівалентного рівня шуму обирають згідно з варіантами, що наведені в табл. 1.

Еквівалентний рівень шуму згідно з варіантом визначають за формулою:

$$L_{екв} = L_{роз} \pm \Sigma П \quad (1)$$

де $L_{роз}$ – розрахунковий рівень шуму, ДБА, приймають за табл. 2, залежно від швидкості руху потоку транспорту й відсотку вантажного і громадського транспорту в потоці;

$\Sigma П$ – сума поправок, приймають за табл. 3 і 4.

Приклад розрахунку. Необхідно визначити еквівалентний рівень шуму на вулиці, де транспортний потік рухається з середньою швидкістю 50 км/год., у складі потоку знаходиться 40% вантажного і громадського транспорту, інтенсивність руху 2000 авт./год., вулиця має поздовжній ухил 3%, у транспортному потоці 20% автомобілів з дизельним двигуном, покриття проїзної частини асфальтобетонне.

³⁸ ДБН В.1.2–10–2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму [Текст]. – Введ. 2008-10-01. – К. : ДП Укрархбудінформ, 2008. – 10 с.

³⁹ СНиП 23-03-2003. Система нормативних документів в строительстве. Защита от шума [Текст]. – Введ. 2004-01-01. – М. : Госстрой, 2004. – 38 с.

⁴⁰ Liubov V. Bovnegrá, Olekcii O. Yakimov, Inna S. Sinko, Dariia D. Lanova Acoustic parameters calculation model and software application for designing buildings and premises with acoustic properties / «INNOVATION TECHNOLOGIES IN ECONOMY AND SOCIETY» Katowice School of Technology 2018 – С. 114-134.

Таблиця 1. Завдання на розрахунок еквівалентного рівня шуму

Фактор, що враховується	Категорія вулиці	Варіанти			
		1	2	3	4
Середня швидкість руху транспорту, км/год.	магістральна	40	40	45	35
	житлова	35	30	35	30
Кількість одиниць вантажного і громадського транспорту, %	магістральна	20	35	40	25
	житлова	20	20	20	20
Інтенсивність руху, авт./год.	магістральна	300	300	500	700
	житлова	100	100	200	200
Поздовжній ухил, %	магістральна	5	3	4	5
	житлова	4	6	5	3
Кількість автомобілів з дизельним двигуном у потоці транспорту, %	магістральна	30	40	20	50
	житлова	-	-	-	-
Наявність трамваю	магістральна	+	-	-	+
	житлова	-	-	-	-
Тип дорожнього покриття	магістральна	бетон	брущатка	бетон	асфальт
	житлова	асфальт	асфальт	асфальт	асфальт

За табл. 2 визначаємо величину розрахункового рівня шуму ($L_{розр.}$). Він складає 77,5 ДБА. За табл. 3 і 4 знаходимо суму поправок:

$$\Sigma P = 1,5 + 1,5 + 2,0 + 0 = +5,0.$$

Тоді еквівалентний рівень шуму на цій вулиці буде

$$L_{екв.} = 77,5 + 5,0 = 82,5 \text{ ДБА.}$$

Для побудови карти шуму приймаємо 83 ДБА.

Таблиця 2. Розрахункові рівні шуму, ДБА

Середня швидкість руху, км/год.	Кількість одиниць вантажного і громадського транспорту в потоці, %								
	100	90	80	70	60	50	40	30	20
30	80,5	79,5	78,5	77,5	76,6	75,5	74,5	73,5	72,5
40	82,0	81,0	80,0	79,0	78,0	77,0	76,0	75,0	74,0
50	73,5	82,5	81,5	80,5	79,5	78,5	77,5	76,5	75,5
60	85,0	84,0	83,0	82,0	81,0	80,0	79,0	78,0	77,0
70	87,5	86,5	84,5	83,5	82,5	81,5	80,5	79,5	78,5
80	88,0	87,0	86,0	86,0	84,0	83,0	82,0	81,0	80,0
90	89,5	88,5	87,5	86,5	85,5	84,5	83,5	82,2	81,5
100	91,0	90,0	89,0	88,0	87,0	86,0	85,0	84,0	83,0
110	92,5	91,5	90,5	89,5	88,5	87,5	86,5	85,5	84,5

Таблиця 3. Поправки в дБА на інтенсивність руху

Інтенсивність руху автомобілів за год.	100	200	300	500	700	1000	2000	3000	4000
Величина поправки	-10,0	-7,5	-5,5	-3,0	-1,5	±0,0	+1,5	+2,0	+2,5

Таблиця 4. Інші поправки

Найменування поправок	Поправки в дБА
На кожні 2% поздовжнього ухилу проїзної частини	+1
На кожні 10% автомобілів з дизельним двигуном	+1
На наявність трамваю	+3
На тип дорожнього покриття: асфальтобетон	0
бетон	+2
брущатка	+4

Побудова трикутника акустичної тіні. До робіт з побудови карти шуму відносяться роботи з побудови трикутника акустичної тіні й проведення ліній ізобел, які характеризують зменшення рівня на 2 дБА. Для цього вимірюють довжину екрану (L), у даному разі в ролі екрану виступає будинок, і відкладають від стіни будинку подвоєну його довжину на проведенному до джерела шуму перпендикулярі.^{41,42} Якщо будинок розміщується під кутом до осі вулиці, довжину екрану визначають по діагоналі будинку. З'єднують кути будинку з отриманою точкою й одержують трикутник акустичної тіні. Варіанти побудови трикутника тіні показані на рис. 1.

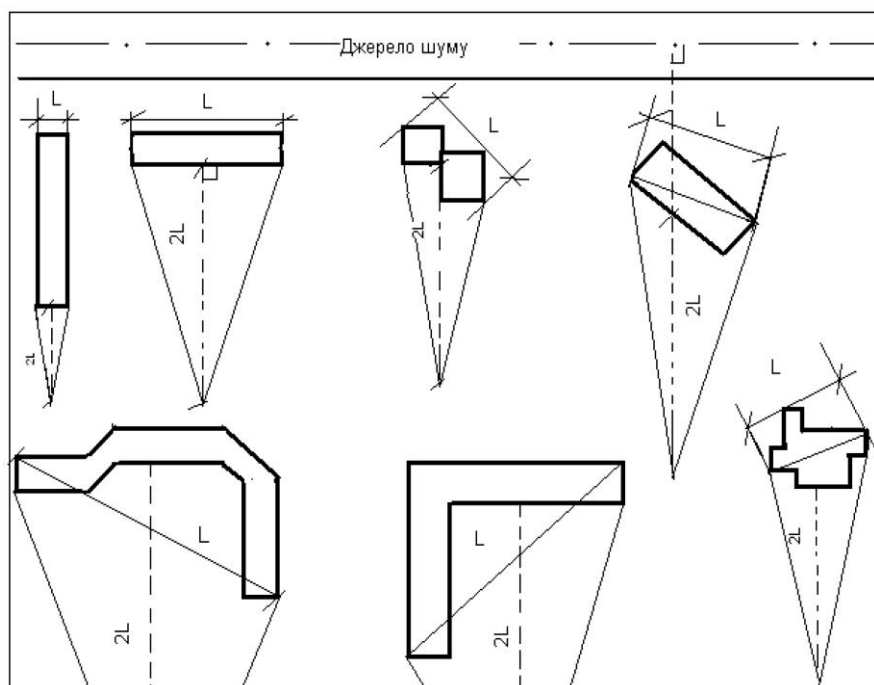


Рис. 1. Варіанти побудови трикутників акустичних тіней

⁴¹ Liubov V. Bovnegra, Olekciі O. Yakimov, Inna S. Sinko, Dariia D. Lanova Acoustic parameters calculation model and software application for designing buildings and premises with acoustic properties / «INNOVATION TECHNOLOGIES IN ECONOMY AND SOCIETY» Katowice School of Technology 2018 – С. 114-134

⁴² Силько И.С., Молчан Е.Г. Акустические свойства промышленных помещений и зданий многоцелевого назначения. Проблемы техники. Наук.-вироб. журн. 2014. №2. С. 90 –96.

Усі вище перераховані дії повторюють для житлової вулиці. Після цього однойменні рівні шуму двох вулиць з'єднують між собою.

Аналіз умов комфортності по шуму. Аналіз умов комфортності проводять на підставі карти шуму для території житлової групи.^{43,44} Аналізуючи карту шуму, треба знати, що для міських територій різного функціонального призначення еквівалентні рівні звуку в дБА нормуються і не повинні перевищувати рівнів, наведених у нормативних документах.

Одним з містобудівних заходів щодо зниження рівня шуму на території міста є проектування смуг шумозахисних зелених насаджень. При розміщенні на смугах, які озеленюються, деревинно-чагарникових насаджень шумозахисного характеру слід пам'ятати, що для них підбирають породи дерев і чагарників, стійкі до тривалих шумових впливів, вони повинні мати густу крону, широке листя і низький штамп. Якщо дозволяють кліматичні й ґрунтові умови, в шумозахисні насадження бажано вводити хвойні породи дерев і чагарників. Відстані між деревами в ряді слід приймати 2 – 4 м, між рядами – 3 – 5 м. При багаторядних посадках дерева бажано розміщувати в шаховому порядку. На узліссях на відстані 1,2 – 2 м від дерев передбачається суцільна лінійна посадка чагарників.

Найбільш ефективні в шумозахисті багатоярусні насадження, коли крони знаходяться на різній висоті. У першому ряді можна передбачати низькі, кулясті форми дерев, а в наступних більш високі. Слід враховувати, що чим більше багаторядна смуга насаджень, тим ефективніше вона знижує шум. Після того, як на плані житлової групи визначені можливі елементи шумозахисної смуги, будують розрахункову схему (рис. 8).

Ефективність зниження рівня шуму багаторядною шумозахисною смугою зелених насаджень визначають за формулою, яку запропонували Ф. Майстер і В. Рурберг:

$$L_{ef.} = 101g \left(\frac{r_1 + \sum_l^i B_i + \sum_l^i A_i}{r_1} \right) + 1,5z + \beta \sum_l^i B_i, \quad (2)$$

де r_1 – відстань від джерела шуму до початку шумозахисної смуги, м;

A_i – ширина просівів між смугами зелених насаджень, м;

B_i – ширина смуг зелених насаджень, м;

z – кількість смуг шумозахисних насаджень;

β – коефіцієнт питомого поглинання звукової енергії. Величину β приймають за табл. 5.

Рівень шуму за шумозахисною смугою складе:

$$L_{ногл.} = L_1 - L_{ef.}, \quad (3)$$

де L_1 – рівень шуму у визначеній точці.

Зіставляючи після цього рівні шуму визначених точок території житлової групи з урахуванням зниження їх смугою зелених насаджень на 16,1 дБА або 25,6 дБА, необхідно переконатися в тому, що умови комфортності по шумах досягнуті. У противному разі, якщо це можливо, збільшують ширину шумозахисної смуги або передбачають улаштування шумозахисного екрану.

На даному етапі розглянуто визначення еквівалентного рівня шуму від транспорту на вулиці, складено модель його розрахунку, принцип побудови акустичних тіней. Ефективність зниження рівня шуму багаторядною шумозахисною смугою зелених насаджень

⁴³ Тонконогий В.М., Синько І.С., Корнещук І.Т. Автоматизированное проектирование помещений со специальными акустическими свойствами. Високі технології в машинобудуванні. 2015. №1. С. 204–209.

⁴⁴ В.М. Тонконогий, И.С. Синько, Э.А. Махиянова, А.Ю. Миткова. Математическая модель проектирования помещений с акустическими свойствами / «Високі технології в машинобудуванні» випуск 1 (28) НТУ" ХПИ", 2018. – с. 158-167.

визначено на підставі розрахункових схем і також розроблено модель розрахунку та побудови схеми. Це дає можливість автоматизувати процес побудови схем і виконати автоматичний розрахунок необхідних параметрів в системах САПР.

Таблиця 5. Питоме поглинання звуку зеленими насадженнями

Категорія зелених насаджень	Питоме поглинання звуку, дБ, на 1 м погонної довжини при частоті, Гц					Середня величина зниження рівня шуму, дБА
	200-400	400-800	800-1600	1600-3200	3200-6400	
Сосна (крона)	0,08-0,11	0,13-0,15	0,14-0,15	0,16	0,19-0,20	0,15
Молодий сосновий ліс	0,10-0,11	0,10	0,10-0,15	0,10	0,14-0,20	0,15
Ялиця (крона)	0,10-0,12	0,14-0,17	0,18	0,14-0,17	0,23-0,30	0,18
Густий листяний ліс	0,05	0,05-0,07	0,08-0,10	0,11-0,15	0,17-0,20	0,12-0,17
Щільний живопліт	0,13-0,15	0,17-0,25	0,18-0,35	0,20-0,40	0,30-1,50	0,25-0,35

Алгоритм роботи підсистеми САПР проектування захисту від шуму вулиць. Виклик програми виконується за допомогою командної строки введенням команди ПОАКУСТЕН (рис. 2).⁴⁵

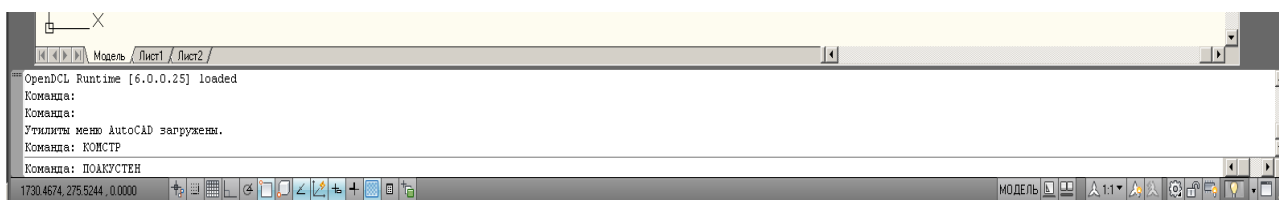


Рис. 2. Виклик програми

Далі виконується вибір категорії вулиць з бази даних (рис. 3).

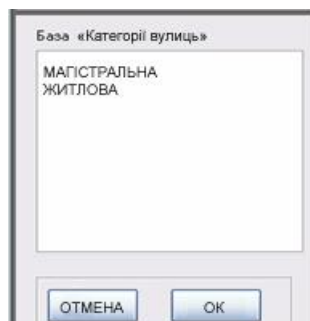


Рис. 3. База даних «Категории улиц»

⁴⁵ Автоматизоване проектування акустичних конструкцій / ІС Сінько, ВГ Дібров, АА Медведєв – 2018// Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2018) :Матеріали тез доповідей VIII міжнародної науково-практичної конференції. Чернігів ЧНТУ 2018 Том 2. – С. 191-192.

Потім виконується вибір вихідних даних для розрахунку еквівалентного рівня шуму (рис. 4–6): Середня швидкість руху транспорту з бази даних «Розрахункові рівні шуму», та поправки також з баз даних. Всі бази даних можуть бути доповнено інформацією стосовно її змісту.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		Кількість одиниць вантажного і громадського транспорту в потоці, %									
2	Середня швидкість руху, км/год	100	90	80	70	60	50	40	30	20	
3	30	80,5	79,5	78,5	77,5	76,6	75,5	74,5	73,5	72,5	
4	40	82	81	80	79	78	77	76	75	74	
5	50	73,5	82,5	81,5	80,5	79,5	78,5	77,5	76,5	75,5	
6	60	85	84	83	82	81	80	79	78	77	
7	70	87,5	86,5	84,5	83,5	82,5	81,5	80,5	79,5	78,5	
8	80	88	87	86	86	84	83	82	81	80	
9	90	89,5	88,5	87,5	86,5	85,5	84,5	83,5	82,2	81,5	
10	100	91	90	89	88	87	86	85	84	83	
11	110	92,5	91,5	90,5	89,5	88,5	87,5	86,5	85,5	84,5	
12											

Рис. 4. База даних «Розрахункові рівні шуму, дБА»

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Інтенсивність руху втомобілів за год.	100	200	300	500	700	1000	2000	3000	4000
2	Величина поправки	-10	-7,5	-5,5	-3	-1,5	±0,0	1,5	2	2,5
3										
4										

Рис. 5. База даних «Поправки в дБА на інтенсивність руху»

	A	B
1	Найменування поправок	Поправки в дБА
2	На кожні 2% поздовжнього ухилу проїзної частини	1
3	На кожні 10% автомобілів з дизельним двигуном	1
4	На наявність трамваю	3
5	На тип дорожнього покриття: асфальтобетон	0
6	бетон	2
7	бруцатка	4
8		
9		

Рис. 6. База даних «Інші поправки»

Після вибору усіх даних виконується розрахунок еквівалентного рівня шуму.

Далі відбувається побудова акустичної тіні за алгоритмом, опис якого було наведено вище (рис. 1).

Потім виконується розрахунок ефективності зниження шуму смугою шумозахисних зелених насаджень, обрав вихідні дані з бази даних «Питоме поглинання звуку зеленими насадженнями» (рис. 7).

U34		Лк					
	A	B	C	D	E	F	G
1	Категорія зелених насаджень	Питоме поглинання звуку, дБ, на 1 м погонної довжини при частоті, Гц					Середня величина зниження рівня шуму, дБА
2		200-400	400-800	800-1600	3200	3200-6400	
3	Сосна (крона)	0,08-0,11	0,13-0,15	0,14-0,15	0,16	0,19-0,20	0,15
4	Молодий сосновий ліс	0,10-0,11	0,1	0,10-0,15	0,1	0,14-0,20	0,15
5	Ялиця (крона)	0,10-0,12	0,14-0,17	0,18	0,14-0,17	0,23-0,30	0,18
6	Густий листяний ліс	0,05	0,05-0,07	0,08-0,10	0,11-0,15	0,17-0,20	0,12-0,17
7	Щільний живопліт	0,13-0,15	0,17-0,25	0,18-0,35	0,20-0,40	0,30-1,50	0,25-0,35
8							
9							

Рис. 7. База даних «Питома поглинання звуку зеленими насадженнями»

Після розрахунків ефективності зниження шуму смугою шумозахисних зелених насаджень на екран виконується вивід схеми зелених насаджень (рис. 8).

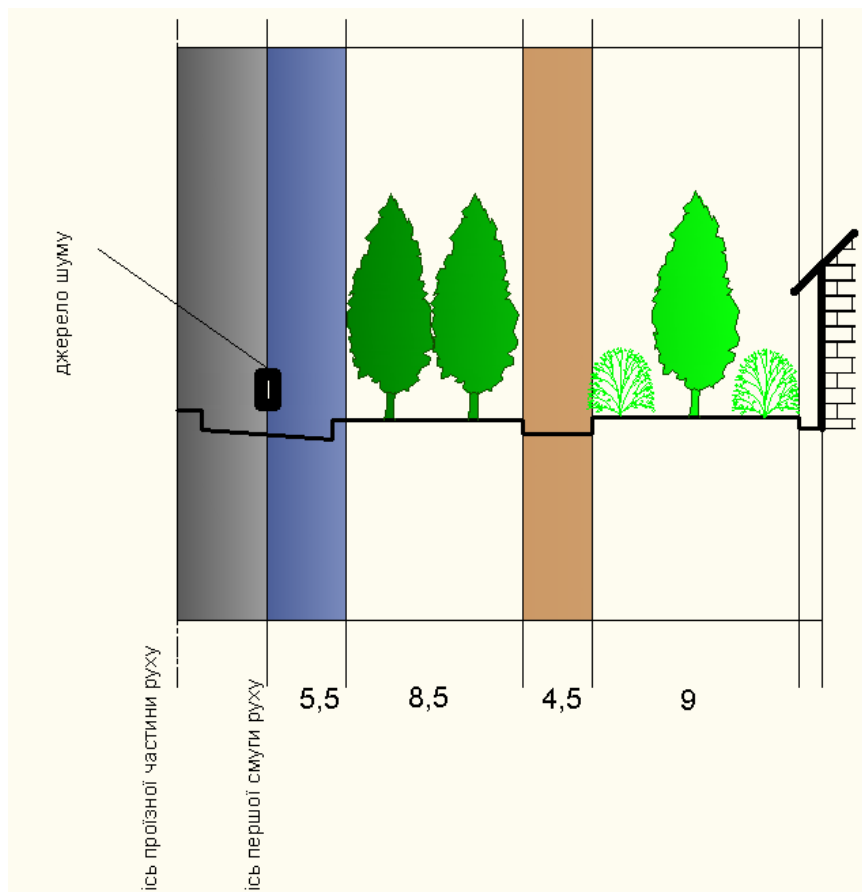


Рис. 8. Розрахункова схема шумозахисної смуги зелених насаджень

Далі програма виконує записує результати розрахунків у файл формату Excel (рис. 9). Блок-схема роботи програми показано на рис. 10.

	A	B	C	D
Результати розрахунку				
Розрахунковий рівень шуму $L_{розр}$, ДБА		77,5		
Категорія вулиці		житлова		
Середня швидкість руху транспорту, км/год.		50		
Кількість одиниць вантажного і промислового транспорту, %		40		
Інтенсивність руху, авт./год.		2000		
Повздовжній ухил, %		3		
Кількість автомобілів з дизельним двигуном у потоці транспорту, %		20		
Тип дорожнього покриття		асфальт		
Еквівалентний рівень шуму $L_{екв}$, ДБА		82,5		
Відстань від джерела шуму до початку шумозахисної смуги r_1 , м		2,25		
Ширина просвітів між смугами зелених насаджень A_i , м		4,5		
Ширина смуг зелених насаджень B_i , м		17,5		
Кількість смуг шумозахисних насаджень z		2		
Коефіцієнт питомого поглинання звукової енергії β		0,15		

Рис. 9. Збереження результатів розрахунків у файл формату Excel

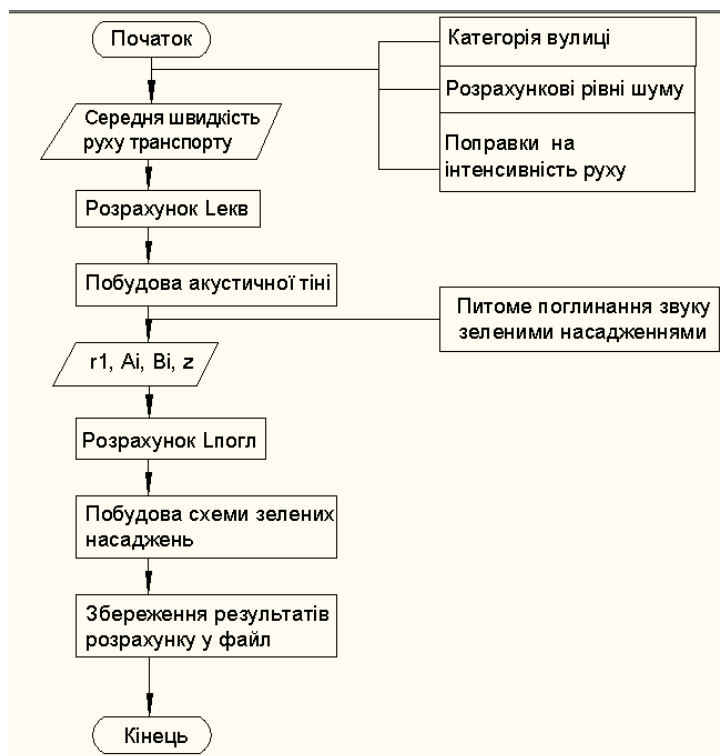


Рис. 10. Блок-схема роботи програми

Висновки. У роботі виконано програмна реалізація розрахунків еквівалентного рівня шуму від транспорту на вулиці, *ефективності зниження шуму смугою шумозахисних зелених насаджень*, побудови акустичної тіні та *схема шумозахисних зелених насаджень у системі САПР AUTOCAD на мові AUTOLISP*, що значно підвищує точність, ефективність та продуктивність проєктувальних робіт.

References:

1. ДБН В.1.2–10–2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму [Текст]. – Введ. 2008-10-01. – К. : ДП Укрархбудінформ, 2008. – 10 с.
2. СНиП 23-03-2003. Система нормативних документів в строительстве. Защита от шума [Текст]. – Введ. 2004-01-01. – М. : Госстрой, 2004. – 38 с.
3. Liubov V. Bovnegra, Olekzii O. Yakimov, Inna S. Sinko, Dariia D. Lanova Acoustic parameters calculation model and software application for designing buildings and premises with acoustic properties / «INNOVATION TECHNOLOGIES IN ECONOMY AND SOCIETY» Katowice School of Technology 2018 – С. 114-134.
4. Синько И.С., Молчан Е.Г. Акустические свойства промышленных помещений и зданий многоцелевого назначения. Проблемы техники. Наук.-вироб. журн. 2014. №2. С. 90-96.
5. Тонконогий В.М., Синько И.С., Корнещук И.Т. Автоматизированное проектирование помещений со специальными акустическими свойствами. Високі технології в машинобудуванні. 2015. №1. С. 204–209.
6. В.М. Тонконогий, И.С. Синько, Э.А. Махиянова, А.Ю. Миткова. Математическая модель проектирования помещений с акустическими свойствами / «Високі технології в машинобудуванні» выпуск 1 (28) НТУ" ХПИ", 2018. – С. 158-167.
7. Автоматизоване проектування акустичних конструкцій / І.С. Сінько, В.Г. Дібров, А.А. Медведєв – 2018// Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2018) : Матеріали тез доповідей VIII міжнародної науково-практичної конференції. Чернігів ЧНТУ 2018 Том 2. – С. 191-192.