

УДК 656.13

Василенко Т.Є., к.е.н., Фесенко Д.В., Гулак Д.В.

АДІ ДВНЗ «ДонНТУ», м. Горлівка

ОЦІНКА ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ЗУПИННОГО ПУНКТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ

Розроблено програмний комплекс для оцінки пропускної здатності зупинного пункту в середовищі Microsoft Visual Basic 6.0. За його допомогою проведено оцінку пропускної здатності зупинних пунктів та отримано рекомендації щодо її підвищення.

Вступ

У теперішній час рівень пропускної здатності (ПЗ) багатьох зупинних пунктів (ЗП) не відповідає збільшеній інтенсивності руху транспортних засобів, у тому числі маршрутного пасажирського транспорту. Існує потреба в проведенні оцінки фактичної пропускної здатності зупинного пункту з метою її підвищення. Для полегшення розрахунків під час проведення оцінки пропускної здатності можливо використовувати ЕОМ.

На даний момент програми для оцінки ПЗ зупинних пунктів відсутні.

Аналіз останніх публікацій

Аналіз навчальної, наукової та нормативної літератури дозволив встановити, що у теперішній час для оцінки ПЗ ЗП використовують наступні залежності (1, 2):

$$P_o = \frac{3600}{\sum t_1 + \sum t_2 + \sum t_3 + \sum t_4}, \quad (1)$$

де $\sum t_1$ – час, що витрачається на розгін транспортного засобу з початком руху із зупинки, с;

$\sum t_2$ – час гальмування перед зупинкою, с;

$\sum t_3$ – час простою на зупинному пункті, необхідний для входу та виходу пасажирів, с;

$\sum t_4$ – час, необхідний для відкриття і закриття дверей, с (для системи з пневматичним приводом приймається 1,5–2 с);

$$A = \lambda \cdot Q, \quad (2)$$

де λ – інтенсивність потоку заявок, од/год;

Q – це відносна пропускна здатність ЗП, що являє собою відношення середньої кількості автобусів, що обслуговуються в одиницю часу, до середньої кількості автобусів, що прибули на ЗП за цей час.

Аналіз адекватності їх використання в сучасних умовах надано в роботі [1]. Авторами було запропоновано для оцінки ПЗ ЗП використовувати наступну залежність (3):

$$P = \frac{3600}{(8,9 + 3,0 \cdot Q_{nac} + 26,5 \cdot N_{авт}) + (e^{1,308} \cdot e^{0,411 \cdot \tau} \cdot e^{-0,326 \cdot \mu})}, \quad (3)$$

де P – пропускна здатність зупинного пункту, од./год.;

Q_{nac} – загальний пасажирообмін зупинного пункту, чол.;

$N_{авт}$ – кількість автобусів у черзі на обслуговування, од.;

τ – час, необхідний для вливання в потік, с;

μ – середній інтервал у потоці, с.

При цьому програмний комплекс для виконання всіх необхідних розрахунків відсутній.

У зв'язку з цим *метою статті* є розробка програмного комплексу для оцінки пропускної здатності зупинного пункту.

Основний матеріал

Для розробки програми розрахунку пропускної здатності будемо використовувати Microsoft Visual Basic 6.0.

Метою програми є:

1. Розрахунок пропускної здатності за уточненою формулою (3) та існуючими (1, 2), для порівняння отриманих результатів.

2. Розрахунок пропускної здатності за уточненою формулою (3) та існуючою (1) при різних значеннях пасажирообміну зупинного пункту. Для більшої наочності програма будуватиме графіки зміни пропускної здатності в залежності від пасажирообміну зупинного пункту.

3. Визначення зміни інтенсивності руху по крайній правій смузі протягом певних годин доби. Оскільки запропонована формула (3) для розрахунку пропускної здатності використовує значення середнього інтервалу між автомобілями в потоці, то за значеннями інтенсивності руху для кожної години з'явиться можливість визначення зміни пропускної здатності зупинного пункту.

4. Обчислення приростів пропускної здатності у разі зміни будь-якого з показників, що впливають. Ґрунтуючись на значеннях приростів, програма буде давати рекомендації з підвищення якості функціонування зупинного пункту в конкретних умовах та роздруковувати звіт. Для визначення діапазонів доцільної зміни факторів, що впливають, будуть служити графіки приватних похідних, котрі дають можливість судити про те, на скільки значимою буде зміна пропускної здатності.

Розробка програми починається зі створення проекту в Visual Basic. У проекті створимо форму, на якій будуть розміщуватися елементи перемикачів між видами розрахунку в залежності від того, який вид розрахунку бажає виконати користувач та «фрейми», на яких будуть розміщені текстові поля для введення вихідних даних.

Щоб спростити користування програмою, три види розрахунків будуть розміщені на одній формі, але відображатимуться лише тоді, коли користувачу вони будуть потрібні. Для цього на формі створимо Frame 1, на якому розмістимо перемикачі трьох видів розрахунків. Кожний перемикач буде мати ім'я в залежності від типу розрахунку, що він відображатиме. Під час вибору користувачем одного з них він буде з'являтися на формі.

Створимо три «фрейми» для кожного з видів розрахунку. За кожним перемикачем закріпимо певний «фрейм», щоб під час його вибору він з'являвся на формі. За умовчанням зробимо «фрейми» невидимими, щоб вони не відображалися одразу всі, а лише за необхідності.

Frame 2 будемо використовувати для проведення розрахунку пропускної здатності за уточненою формулою (3) та існуючими (1) та (2) для порівняння отриманих результатів. Для цього на Frame 2 створимо такий інтерфейс, який показано на рис. 1 а. У три перших поля будуть вводитися вихідні дані про пасажирообмін зупинного пункту, кількість автобусів у черзі на обслуговування перед зупинним пунктом та середній інтервал між автомобілями на крайній правій смузі руху. Четверте текстове поле буде використовуватися для виведення результатів розрахунку. Створимо на Frame 2 додатковий Frame 5, на якому ми перерахуємо типи автобусів, що експлуатуються на маршрутах міста. Оскільки на зупинному пункті можуть обслуговуватися різні типи автобусів у різній кількості, то користувач повинен буде вводити кількість автобусів різного типу для визначення їх долі. Кожному типу автобуса ми ставимо у відповідність значення часу, яке необхідне йому для розгону до швидкості транспортного потоку по крайній правій смузі. Значення часу отримано під час проведення обстеження зупинних пунктів та автобусів, що їх обслуговують. Натискання кнопки служитиме

початком проведення розрахунку. У полі команди кнопки буде записаний код програми, за яким буде проводитися розрахунок.

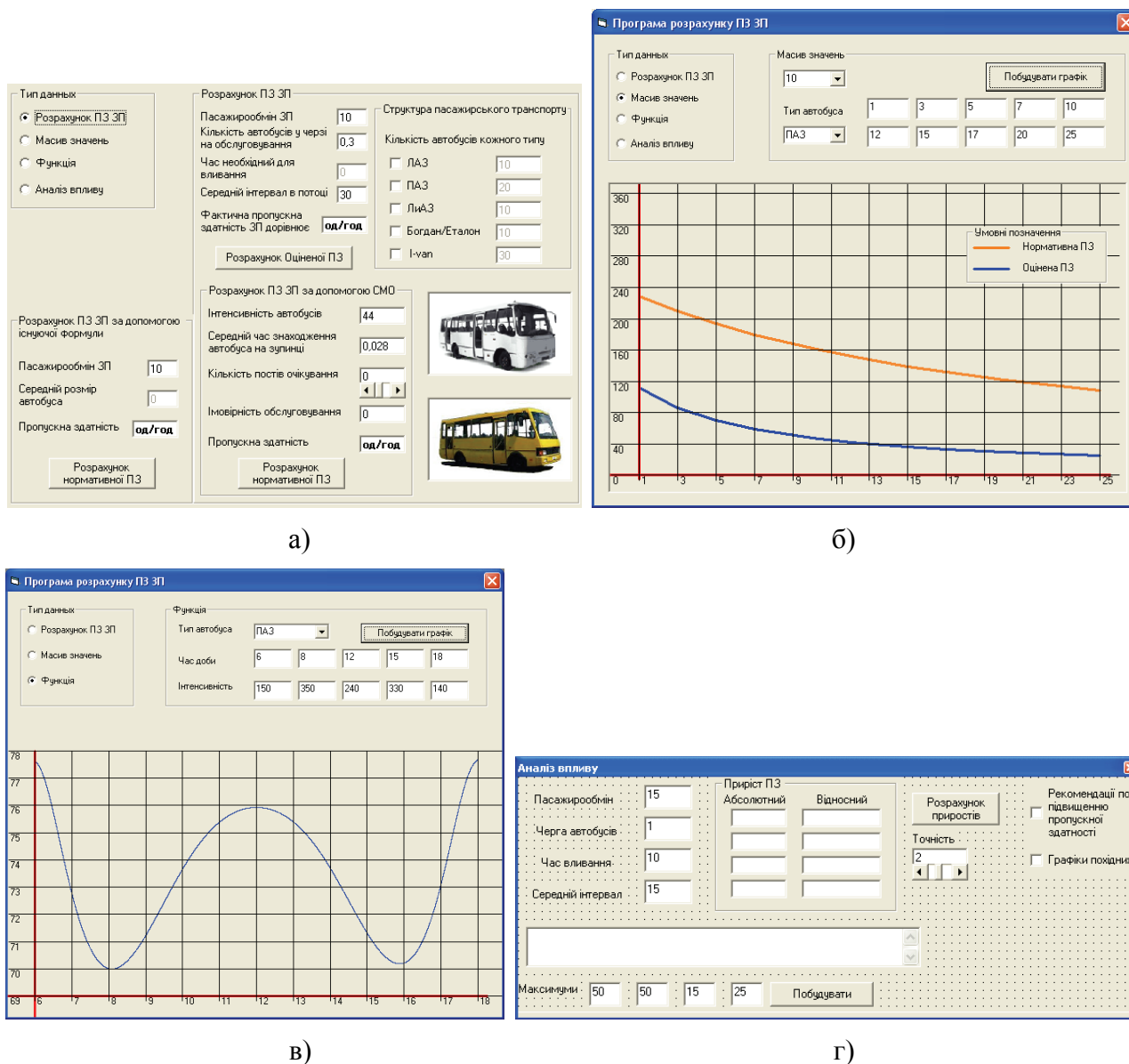


Рис. 1. Зовнішній вигляд програми:

- розрахунок пропускної здатності та порівняння отриманих результатів;
- розрахунок зміни ПЗ в залежності від пасажирообміну зупинного пункту;
- зміни пропускної здатності зупинного пункту в залежності від інтенсивності руху по крайній правій смозі за годинами доби; г) обчислення приростів пропускної здатності та подальшого аналізу шляхів її підвищення

Frame 3 буде використовуватися для розміщення об'єктів, необхідних для розрахунку пропускної здатності за уточненою формулою (3) та існуючою (1) при різних значеннях пасажирообміну зупинного пункту. За допомогою Combo 1 буде визначена кількість текстових полів. Мінімальна кількість текстових полів дорівнює двом, тому що графік можливо побудували за наявності як мінімум двох точок. На «фреймі» буде з'являтися така кількість текстових полів, яка була визначена в Combo 1. Інші поля будуть невидимі, щоб не плутати користувача. Далі створимо масив текстових полів, в які будуть заноситись значення пасажирообміну, котрі в подальшому будуть використані для розрахунку пропускної здатності зупинного пункту за двома формулами. Потім створимо командну кнопку, в полі якої буде

записаний код програми, за яким буде виконуватись послідовність дій. Після проведення розрахунку пропускну здатності програма побудує дві криві, які відображатимуть зміну оціненої та нормативної пропускну здатності в залежності від пасажирообміну зупинного пункту. Зовнішній вигляд наведено на рис. 1 б.

Для кращого візуального сприйняття графіків розробимо підпрограму, яка буде наносити координатну сітку. Для коректної роботи програми та співпадання координат з графіками розробимо шкалу, яка буде враховувати зміни вихідних параметрів за допомогою так званого масштабного коефіцієнта. Ця підпрограма може бути використана і у випадку співпраці з іншими видами розрахунку.

Frame 4 буде використовуватись для визначення пропускну здатності в залежності від зміни інтенсивності руху по крайній правій смузі протягом певних годин доби. Перші п'ять текстових полів – для значень часу доби, а інші п'ять – для значень інтенсивності руху. Combo 2 буде використовуватись для вибору типу автобуса, за яким проводиться порівняння.

У текстові поля часу доби заносяться п'ять значень, які відповідають початку спостереження (початку руху транспорту), першого пікового часу, міжпікового часу, другого пікового часу та значного спаду інтенсивності.

У текстові поля інтенсивності заносяться значення інтенсивності, які відповідають вищевказаним годинам.

За допомогою Combo 2 обирається тип автобуса, за яким буде проводитися розрахунок. У нашому випадку представлено шість типів автобусів, які найбільш поширені в місті.

Для визначення полінома четвертого порядку створимо окрему функцію програми, яку назовемо поліном. Розрахунок полінома простіше виконувати за допомогою Microsoft Office Excel. Для цього скористаємося тим, що Visual Basic має команди взаємодій з Microsoft Excel. У кодї функції поліном назначимо команду для використання Excel для розрахунку. Потім відкриємо Excel та запишемо макрос, який матиме послідовність команд проведення розрахунку. Код макросу добавимо до коду функції поліном та закриємо Excel. Потім задамо в кодї команду, що після розрахунку необхідно закрити Excel, а отримані дані передати в програму розрахунку зміни інтенсивності руху на крайній правій смузі за годинами доби. Програма за цими даними проводить розрахунок та будує графік зміни інтенсивності руху за годинами доби.

Під час натискання командної кнопки починає виконуватися програма, потім функція поліном з використанням Microsoft Excel, а потім у програмі проводиться розрахунок та будується графік. У кінці програма звертається до підпрограми Координатна сітка, яка будує координатну сітку в залежності від вихідних даних. Зовнішній вигляд наведено на рис. 1 в.

Для обчислення приростів ПЗ та подальшого аналізу шляхів її підвищення створимо іншу форму, на якій розробимо такий інтерфейс, що показаний на рис. 1 г.

У залежності від значень приростів, програма під час вибору помітки «Рекомендації» видає рекомендації по підвищенню пропускну здатності. У результаті вибору помітки «Графіки похідних» програма будує чотири графіки похідних. Графіки дають можливість наочно судити про те, наскільки впливовою є зміна пропускну здатності від факторів, що впливають.

Алгоритм функціонування програми наведено на рис. 2.

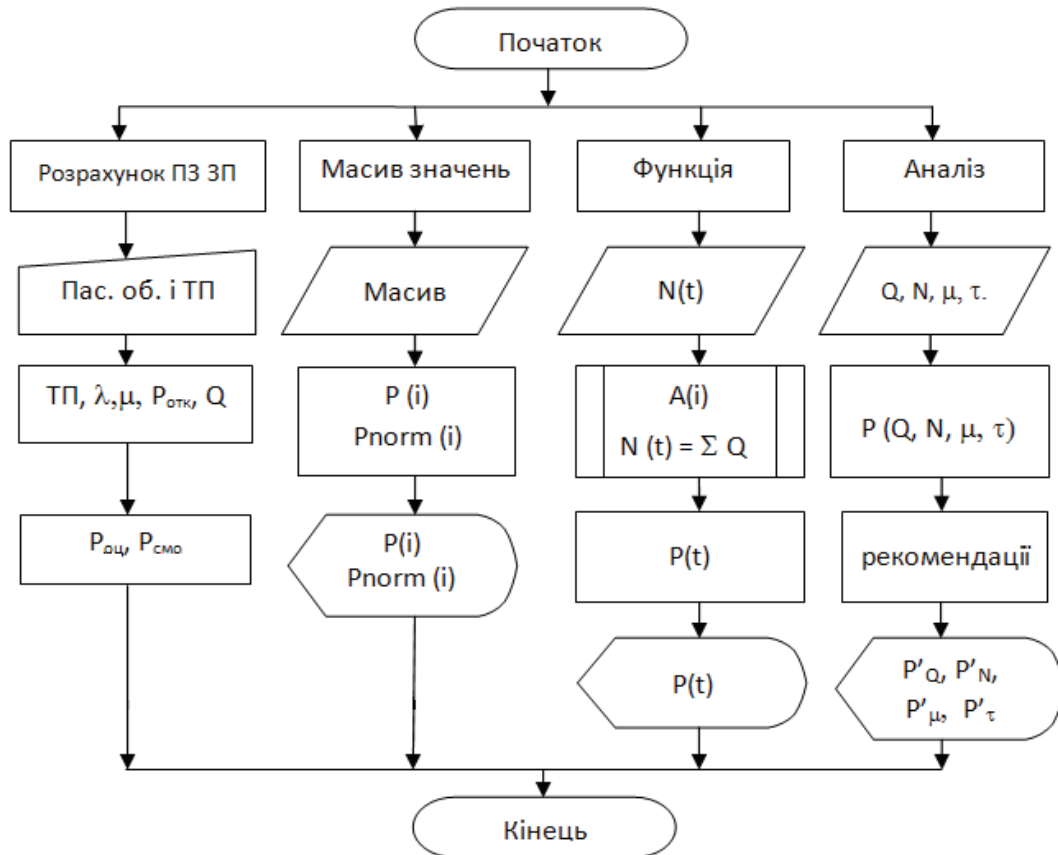


Рис. 2. Алгоритм функціонування програми

Для оцінки пропускної здатності зупинного пункту за допомогою розробленого програмного комплексу були отримані вихідні дані. Для цього проведено обстеження зупинних пунктів в основних напрямках перевезень міста Горлівка. Обрали наступні зупинні пункти: ЗП «ж/м Будівельник», що знаходиться на проспекті Леніна; ЗП «ТД Веста», що знаходиться на проспекті Леніна; ЗП «площа Леніна», що знаходиться на проспекті Перемоги; ЗП «Лікарня № 3», що знаходиться по вулиці Горлівської Дивізії, ЗП «ТЦ Амстор», що знаходиться по вулиці Кузнецова-Зубарева. Ці зупинні пункти мають значний пасажирообмін та обслуговують велику кількість автобусів різних маршрутів.

Значення вихідних даних за зупинками, що обстежувалися, наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Вихідні дані обстеження ЗП

Назва ЗП / Параметр	Середній пасажирообмін, $Q_{пас.}$	Середня кількість автобусів у черзі, $N_{авт}$	Середній час, необхідний для вливання в потік, τ	Середній інтервал у потоці, μ
«ж/м Будівельник»	5	0,32	9,4	28
«ТД Веста»	7	0,79	9,8	10
«площа Леніна»	6	0,43	8,84	18
«Лікарня № 3»	6	0,18	8,3	24
«ТЦ Амстор»	5	0,41	8,7	10

На підставі вихідних даних та за допомогою програмного комплексу було проведено оцінку пропускної здатності вищевказаних зупинних пунктів. Для порівняння значень пропускної здатності її розрахунок проводили за допомогою існуючої формули (1), СМО (2) та

за уточненою формулою (3). Також ці значення було порівняно з фактичними, які були отримані під час обстеження зупинних пунктів. Результати розрахунку наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Результати оцінки пропускної здатності зупинних пунктів

Назва ЗП	(ф. 1)	(ф. 2)	(ф. 3)	Фактична
«ж/м Будівельник»	296	58	110	71
«ТД Веста»	279	33	62	52
«площа Леніна»	282	34	92	87
«Лікарня № 3»	292	52	113	61
«ТЦ Амстор»	298	62	91	83

Як видно з результатів розрахунку, значення пропускної здатності, що розраховані за допомогою СМО, є заниженими в порівнянні з фактичними, а отримані за допомогою існуючої формули, є значно завищеними. Пропускна здатність, яку оцінили за допомогою програми, на підставі формули (3), має меншу розбіжність від фактичної. Причиною тому є те, що під час розрахунку за уточненою формулою приймаються фактичні значення, а не нормативні.

Також за допомогою програмного комплексу можливо визначити коливання пропускної здатності зупинного пункту протягом доби в залежності від інтенсивності руху автомобілів по крайній правій смузі. Проведемо відповідний розрахунок для ЗП «Лікарня № 3». Для цього було отримано значення інтенсивності руху в пікові та міжпікові години. Вікно програми показано на рис. 3.

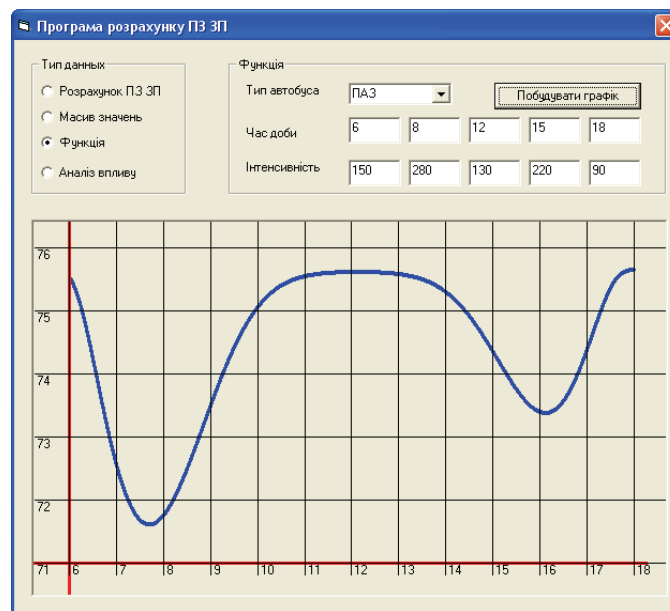
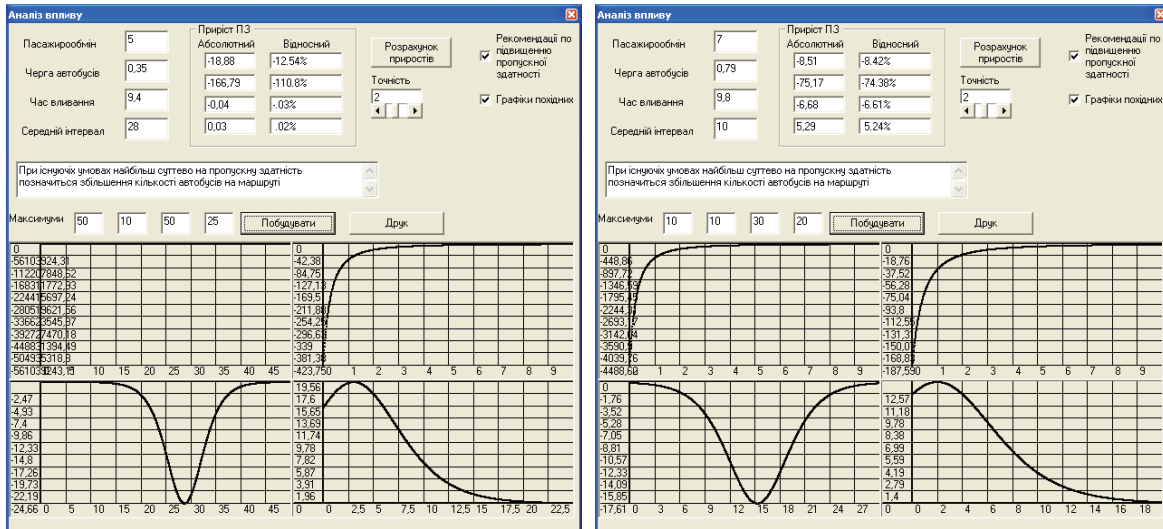


Рис. 3. Вікно програми розрахунку зміни ПЗ за годинами доби

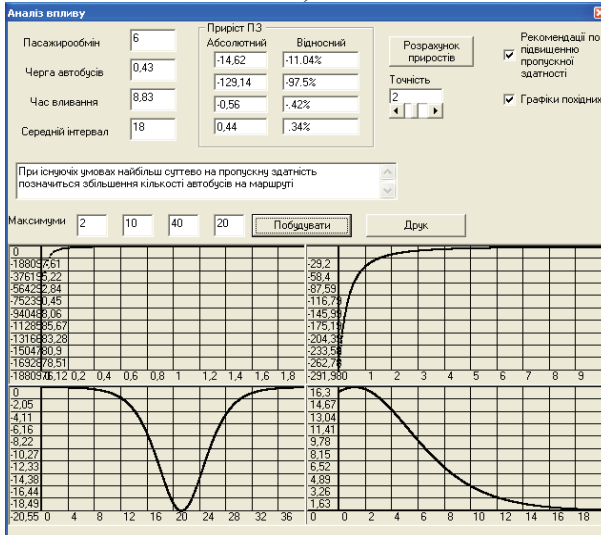
Як видно з рисунка, ПЗ протягом доби коливається. Тому під час розрахунку та проектування зупинного пункту необхідно враховувати ці зміни та закладати резерв пропускної здатності щонайменше 10% від максимальної. Також варто брати до уваги те, що в міжпікові години ПЗ збільшується і це можна використовувати під час розробки розкладів руху автобусів.

Далі проведемо аналіз впливу чинників на ПЗ для кожного зупинного пункту. Так, пропускна здатність ЗП «ж/м Будівельник» має резерв (рис. 4 а). Під час аналізу було виявлено, що на ПЗ найбільше впливає черга автобусів на обслуговування. Вирішенням цієї проблеми є створення додаткового місця для обслуговування автобусів.

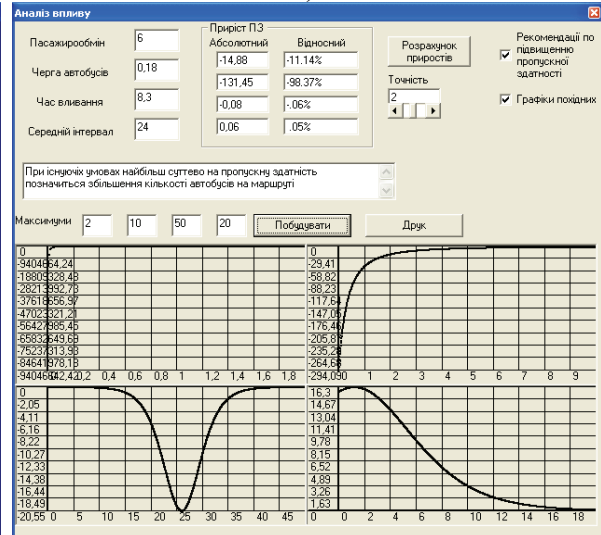


а)

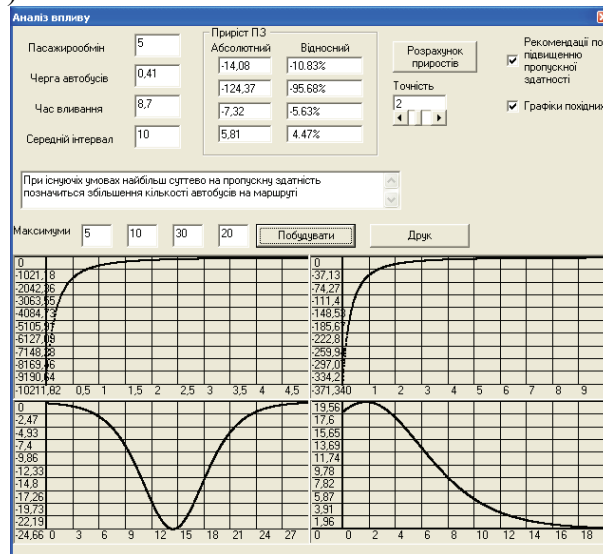
б)



в)



г)



д)

Рис. 4. Вікно програми аналізу впливу чинників на ПЗ для:
 а) ЗП «ж/м Будівельник»; б) ЗП «ТД Веста»;
 в) ЗП «площа Леніна»; г) ЗП «Лікарня № 3»; д) ЗП «ТЦ Амстор».

Пропускна здатність ЗП «ТД Веста» (рис. 4 б) є граничною відносно фактичної та майже не відповідає інтенсивності прибуття автобусів. Найбільш суттєво на значення ПЗ цього ЗП впливає черга автобусів. Для підвищення ПЗ необхідно облаштування додаткового місця для обслуговування автобусів. Значення середнього інтервалу в потоці майже дорівнює часу, який необхідний автобусу для вливання в потік, тому навіть незначне підвищення інтенсивності руху призведе до спаду пропускної здатності та виникнення черги перед зупинкою.

Пропускна здатність ЗП «площа Леніна» (рис. 4 в) також є граничною та майже не відповідає інтенсивності прибуття автобусів. Найбільший вплив на ПЗ цього ЗП надає черга автобусів на обслуговування. Для підвищення ПЗ потрібно облаштувати додаткове місце для обслуговування.

Пропускна здатність ЗП «Лікарня № 3» (рис. 4 г) має значний резерв. Недоліком в організації автобусного руху на даному ЗП є те, що автобуси одного напрямку прибувають одночасно, у результаті чого інший автобус виконує пасажирообмін майже за межами зупинки. А після їхнього відправлення близько двох хвилин зупинний пункт залишається порожнім. Для усунення цього недоліку необхідно контролювати прибуття автобусів до зупинного пункту у відповідності до розкладу руху.

Пропускна здатність ЗП «ТЦ Амстор» (рис. 4 д) також є граничною. Для її підвищення необхідно облаштувати додаткове місце для обслуговування автобусів, а також ужити заходів до зменшення часу вливання, такі як створення смуги розгону або перерозподіл транспортного потоку для полегшення виконання автобусом маневру виїзду з зупинного пункту.

Таким чином, був проведений аналіз впливу чинників на пропускну здатність зупинного пункту за допомогою розробленого програмного комплексу. За значеннями приростів пропускної здатності було виявлено, що найбільше впливає на пропускну здатність черга з автобусів на обслуговування. Пов'язано це з тим, що на маршрутах міста експлуатується необґрунтована кількість рухомого складу. Для вирішення проблеми підвищення пропускної здатності необхідно облаштувати додаткові місця для здійснення пасажирообміну та проводити заходи до зменшення часу вливання в потік.

Висновки

Таким чином, за допомогою вищезазначеного програмного комплексу користувач має можливість провести оцінку пропускної здатності зупинного пункту, проаналізувати вплив на її значення типу рухомого складу, що обслуговується, параметрів транспортного потоку, зокрема інтенсивності автомобілів по крайній правій смузі руху протягом певного проміжку часу доби, та як впливає на пропускну здатність пасажирообмін зупинного пункту. Проаналізувавши ці параметри, користувач матиме можливість за необхідності підвищити пропускну здатність зупинного пункту.

Список літератури

1. Василенко Т.Є. Оцінка пропускної здатності зупинного пункту / Т.Є. Василенко, Д.В. Фесенко, Д.В. Гулак // Автомобільно-дорожній вісник. – 2010. – № 2. – 7 с.
2. Браун С. Visual Basic 6.0: учебный курс / С. Браун. – СПб.: Питер, 2008. – 574 с.

Рецензент: д.т.н., проф. О.П. Мельникова, АДІ ДВНЗ «ДонНТУ».

Стаття надійшла до редакції 10.01.11
© Василенко Т.Є., Фесенко Д.В., Гулак Д.В., 2011