

УДК 004.62

Т. В. БОДНЕНКО, канд. пед. наук, доц., Навчально-науковий інститут фізики, математики та комп'ютерно-інформаційних систем, Черкаський національний університет ім. Богдана Хмельницького

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ АМПЛІТУДНО-ІМПУЛЬСНИХ І ЦИФРОВИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО РЕГУЛЮВАННЯ У ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ VISSIM

Стаття присвячена дослідженням елементів амплітудно-імпульсних і цифрових систем автоматизованого регулювання у програмному середовищі VisSim. Розглянуто стан використання інструментальних засобів та середовищ (MathCad, MatLab, VisSim тощо) для спрощення процесу моделювання та дослідження автоматизованих виробничих процесів, визначено напрямки їх використання в сучасних умовах. Використано програмне середовище VisSim для автоматизованого регулювання виробничих процесів.

Ключові слова: амплітудно-імпульсні системи автоматизованого регулювання, цифрові системи автоматизованого регулювання, програмне середовище VisSim

Вступ. Стрімкий розвиток мікропроцесорних засобів призвело до їх широкому використанню для автоматичного керування технологічними процесами в різних сферах виробничої діяльності людини. На сьогодні створені та випускаються серійно вітчизняними і зарубіжними виробниками багато різноманітних технічних засобів, сучасних комп'ютерних технологій.

Для автоматизованого регулювання виробничих процесів, зокрема, дослідження елементів амплітудно-імпульсних і цифрових систем автоматизованого регулювання можна у програмному середовищі VisSim.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Враховуючи стрімкий розвиток обчислювальної техніки у промислових автоматичних процесах на сучасному підприємстві застосовують системи впливу, передачі та перетворення послідовності імпульсів [1].

Це надає можливість автоматизованої системи керування виробничими процесами, що передбачає участь людини у формуванні керуючих дій, зокрема, для створення складних об'єктів автоматизації [2].

Виконанню всіх функцій автоматичного керування без участі людини виконуються автоматичними системами, для обслуговування яких потрібні висококваліфіковані фахівці [2]. Система автоматичного керування (САК) – це система, що складається з об'єкта керування і пристрою керування, в якій керування режимом роботи об'єкта здійснюється автоматично без участі людини [3]. Квантуванням сигналів відносно часу називають імпульсними системами автоматичного керування. Вихідною величиною такого квантування є модульована послідовність імпульсів [4]. Завдяки різноманітним інструментальним засобам та середовищам (MathCad, MatLab, VisSim тощо) спрощується процес моделювання та дослідження автоматизованих виробничих процесів [5].

Дослідженням елементів амплітудно-імпульсних і цифрових систем автома-

© Т. В. БОДНЕНКО, 2015

тизованого регулювання можна за допомогою програмного середовища VisSim. Програма VisSim призначена для побудови, дослідження та оптимізації різноманітних моделей технічних об'єктів і систем, зокрема, систем керування [6].

З VisSim можна швидко розробити віртуальні прототипи будь-якої динамічної системи. Основний продукт VisSim, використовується для загального моделювання, імітації та системи управління дизайнерськими програмами [7].

Структура VisSim складається з окремого модуля Simulink, що забезпечує візуальне сприйняття середовища моделювання та проводиться автоматичне формування математичної моделі згідно з запропонованою користувачем структурою досліджуваної системи, її керуючих та технічних параметрів, характеру складових елементів досліджуваної системи та зв'язків між ними. Вхідними даними для побудови моделі в VisSim є структурно-функціональна схема системи, процесу або об'єкта дослідження [8].

Об'єкт досліджень – автоматизоване керування елементів амплітудно-імпульсних і цифрових систем автоматизованого регулювання на виробництві. Проведені дослідження ставили за мету розглянути стан використання елементів амплітудно-імпульсних і цифрових систем автоматизованого регулювання.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі: розглянути особливості, принцип дії і властивості САР з амплітудно-імпульсними елементами та елементами дискретної дії; визначити напрямки використання елементів амплітудно-імпульсних і цифрових САР, їх властивостей і особливостей, техніки моделювання дискретних ланок у VisSim.

Матеріали та методи досліджень. Використання програмного середовища VISSIM для дослідження елементів амплітудно-імпульсних і цифрових систем автоматизованого регулювання. Автоматика – це сфера науки та техніки, що займається розробкою теоретичних методів і технічних засобів, які забезпечать розв'язки завдань дослідження, виготовлення, експлуатації окремих установок, технологічних комплексів на основі їх автоматизації [9].

Імпульсними системами автоматичного керування називають системи, у яких відбувається квантування сигналів з плином часу. Квантування в часі полягає у зміні безперервного у часі сигналу його значеннями в окремі рівновіддалені моменти часу. Квантування в часі здійснюється імпульсним елементом, вихідна величина якого складається із модульованої послідовності імпульсів [10].

Для автоматизованого регулювання виробничих процесів, а саме, дослідження елементів амплітудно-імпульсних і цифрових систем автоматизованого регулювання можна у програмному середовищі VisSim.

VisSim – візуальна мова програмування для моделювання динамічних систем та проектування, основане на моделях, для вбудованих мікропроцесорів. VisSim має характерний для Windows інтуїтивний інтерфейс для створення блочних діаграм та потужне моделююче ядро.

Дане середовище розроблене американською компанією Visual Solutions шта-ту Массачусеттс. Мова та програмне середовище VisSim широко використовується для розробки систем керування та цифрової обробки сигналів моделювання та дизайну. Вона складається з блоків для арифметики, булевих та трансцендентних функцій, цифрових фільтрів, передатних функції, чисельного інтегрування та інтерактивного виводу [11].

Програма VisSim призначена для побудови, дослідження та оптимізації віртуальних моделей фізичних і технічних об'єктів, систем управління. VisSim (Visual Simulator) - візуальне, сприйняте зором, середовище і засіб моделювання.

Програма VisSim, розроблена і розвивається компанією Visual Solutions (USA) [12], яка потужна, зручна у використанні, компактна і є сучасним ефективним засобом моделювання фізичних і технічних об'єктів, систем та їх елементів з розвиненим графічним інтерфейсом, де дослідник може створити модель з віртуальних елементів. Це дозволяє створювати, досліджувати та оптимізувати моделі систем широкого діапазону складності. У середовищі VisSim немає необхідності записувати і розв'язувати диференціальні рівняння, програма це зробить сама по запропонованій їй дослідником структурі системи та параметрам її елементів. Результати розв'язання виводяться в наочній графічній формі. Завдяки цьому, програмою можуть користуватися фахівці, які не мають глибоких пізнань в математиці і програмуванні. При використанні VisSim не обов'язково володіти програмуванням на мовах високого рівня або асемблері. В той же час, фахівці, що володіють програмуванням, можуть створювати власні блоки, доповнюючи ними багату бібліотеку стандартних блоків VisSim'a.

Моделювання систем управління це далеко не весь коло завдань, які можна вирішувати в VisSim [13] і саме тому слід використовувати дане середовище для автоматизації виробничих процесів.

У структуру VisSim входить окремий модуль Simulink, завдяки якому забезпечується візуальне сприйняття середовища моделювання та проводиться автоматичне формування математичної моделі згідно з запропонованою користувачем структурою досліджуваної системи, її керуючих та технічних параметрів, характеру складових елементів досліджуваної системи та зв'язків між ними. Вхідними даними для побудови моделі в VisSim є структурно-функціональна схема системи, процесу або об'єкта дослідження [8]. Кожен її елемент описаний типовим диференційно-алгебраїчним рівнянням або операторною функцією де системи та об'єкти складаються з окремих, пов'язаних і взаємодіючих між собою елементів. Для всієї системи в цілому і для її окремих елементів можна вказати місце подачі збуджуючого сигналу, яке називають "входом", і місце прояву реакції системи на вхідний вплив, яке називають «виходом». Модель досліджуваної системи у VisSim формується з окремих елементів – блоків (віртуальний аналог фізичного елемента реальної системи). Взаємодія між цими блоками відображається лініями зв'язку, які вказують напрямком передавання впливів (сигналів) від одного блоку до іншого. Застосування відносних одиниць спрощує математичний опис будь-яких об'єктів та полегшує виконання порівняльних досліджень. Перехід до системи відносних одиниць здійснюється незалежно від форми математичного опису об'єкта. Якщо основою моделі є структурна схема, то доцільно реалізовувати алгоритм для її перекладу до системи відносних одиниць.

Отже, для визначення мінімальної частоти дискретизації отримуємо вікно програми VisSim представлене на рис. 1. Дослідження еквівалентності безперервного і дискретного ланок САР показано на рис. 2.

Перевіримо, чи змінює Vissim коефіцієнти дискретної передавальної функції при зміні кроку дискретизації.

Зменшимо період дискретизації (подвійне клацання по блоку) одного з

дискретних ланок, наприклад, нижнього, з $dT = 0.1$ до $dT = 0.01$ сек, не змінюючи значення коефіцієнтів Z-передавальної функції.

Побудуємо дискретний аналог безперервної ланки при кроці дискретизації, рівному 0.01 сек і перевіримо вигляд перехідної функції, як це позначиться на якості моделі (рис. 4).

Можна також збільшувати значення кроку дискретизації dT , наприклад, втричі з 0.01 сек до 0.03 сек безпосередньо у властивостях блоку, а потім зменшувати, наприклад, вчетверо, з 0.01 до 0.0025 сек при кроці моделювання 0.001 сек, і, запускаючи моделювання встановимо, як впливають ці зміни на перехідну функцію дискретного ланки (рис. 5).

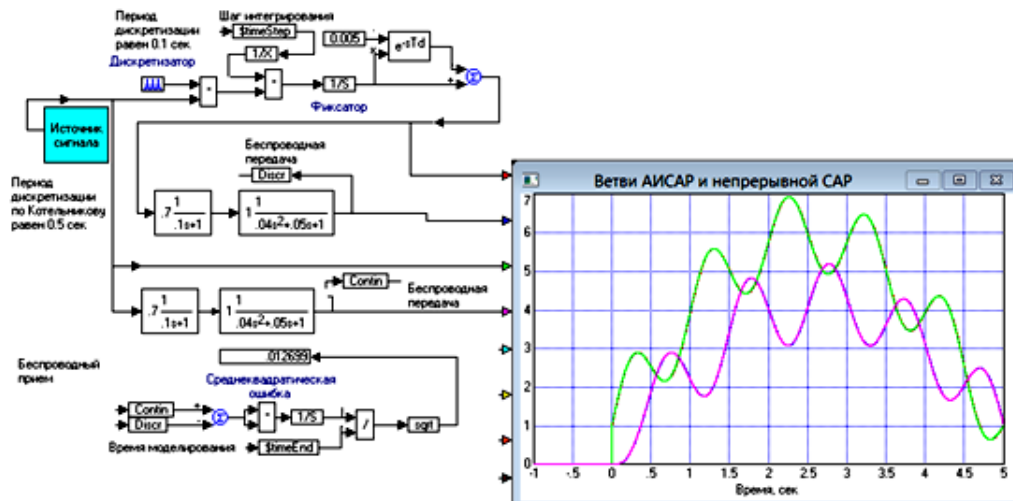


Рис. 1 – Визначення мінімальної частоти дискретизації у VisSim

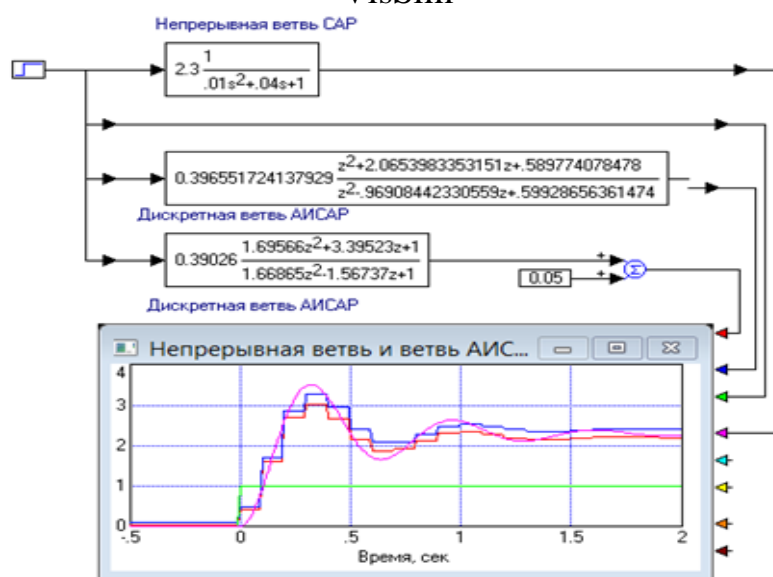


Рис. 2 – Дослідження еквівалентності безперервного і дискретного ланок САР

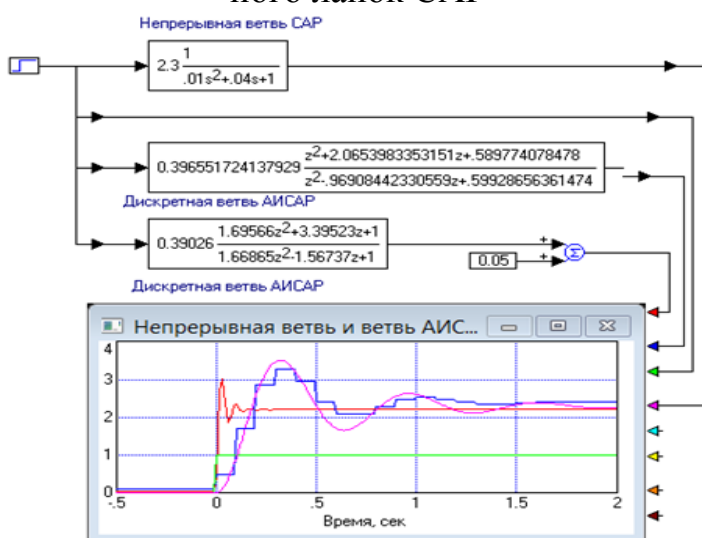


Рис. 3 – Перевірка зміни коефіцієнтів дискретної передавальної функції при зміні кроку дискретизації у VisSim

Також, можна досліджувати квантування-дискретизатора (моделі каналового

цифрового перетворювача (АЦП). Змінюючи крок квантування в межах від 0.1 до 0.5 і запускаючи моделювання визначати відповідне значення СКП (рис. 6).

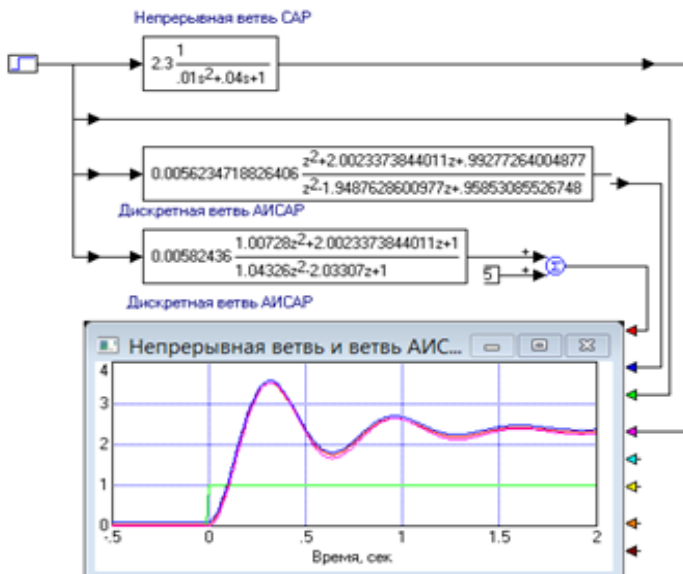


Рис. 4 – Дискретний аналог безперервної ланки

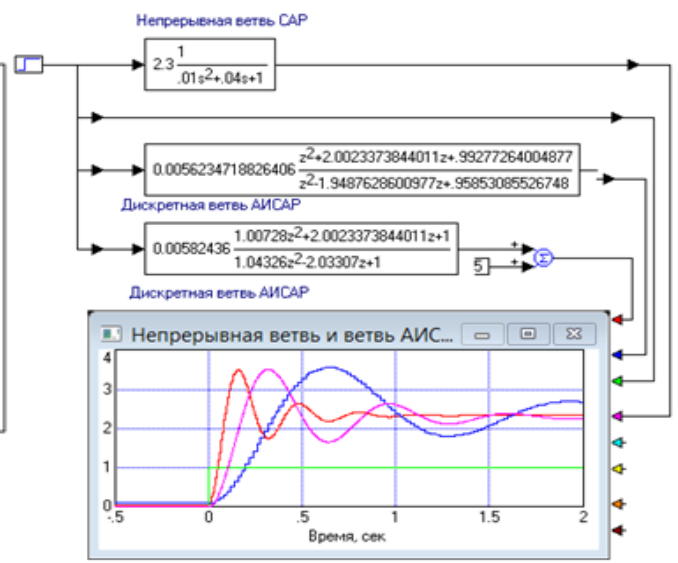


Рис. 5 – Дискретний аналог безперервної ланки із збільшеним значення кроку дискретизації

Наприклад, змінюючи крок дискретизації від 0.2 до 1 сек, при фіксованому кроці квантування, рівному 0.2, визначаємо та будуємо залежність СКП від кроку дискретизації.

| квантування | СКП |
|-------------|----------|
| 0,1 | 0,057789 |
| 0,2 | 0,116516 |
| 0,3 | 0,18132 |
| 0,4 | 0,217248 |
| 0,5 | 0,284429 |

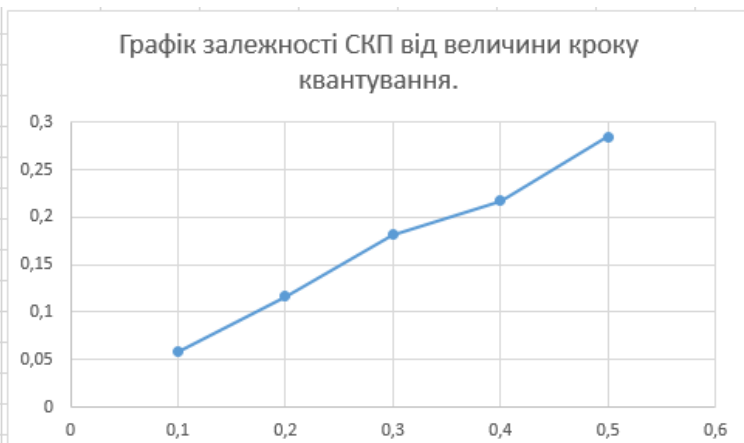


Рис. 6 – Визначення відповідного значення СКП

Проводимо дослідження відповідності цифрового ПІ-регулятора аналоговому (рис. 8).

Використання програмного середовища vissim надає можливість

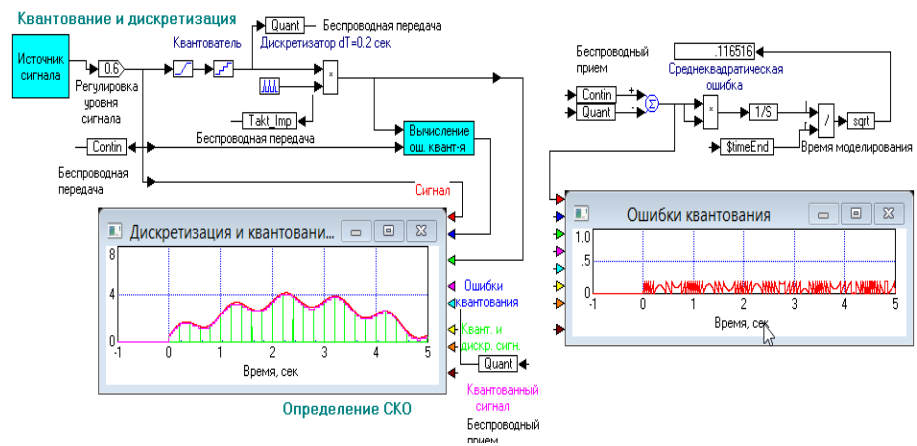


Рис. 7 – Залежність СКП від кроку дискретизації

досліджувати елементи амплітудно-імпульсних і цифрових систем автоматизова-

ного регулювання.



Рис. 8 – Відповідність цифрового ПІ-регулятора аналоговому

Обговорення результатів дослідження. Дослідженням елементів амплітудно-імпульсних і цифрових систем автоматизованого регулювання. У час, коли існує безліч сучасних комп'ютерних та інформаційних технологій для автоматизації виробничих процесів використовується різноманітні інструментальні засоби та середовища (MathCad, MatLab, VisSim тощо) спрощується процес моделювання та дослідження автоматизованих виробничих процесів.

Для дослідження елементів амплітудно-імпульсних і цифрових систем автоматизованого регулювання можна використовувати програмне середовище VisSim, що надасть можливість користуватися навіть фахівцям, які не мають глибоких пізнань в математиці і програмуванні, а фахівцям, що володіють програмуванням – створювати власні блоки та доповнювати ними бібліотеку стандартних блоків VisSim'a.

Висновки. Отже, було розглянуто особливості, принцип дії і властивості САР з амплітудно-імпульсними елементами та елементами дискретної дії. Визначено мінімальну частоту дискретизації в амплітудно-імпульсній моделі безперервної ланки. Досліджено еквівалентність безперервної і дискретної ланок САР, квантовач-дискретизатор (модель АЦП). Експериментально досліджено елементи дискретних САР. Побудовано дискретні моделі безперервних ланок у програмі Vissim.

Програмне середовище VisSim можна використовувати для дослідження елементів амплітудно-імпульсних і цифрових систем автоматизованого регулювання. Це дасть змогу користуватися фахівцям не з глибокими знаннями в математиці і програмуванні та провідним фахівцям в галузі програмування, що створюватимуть власні блоки з доповням ними бібліотеки стандартних блоків VisSim'a.

Список літератури: 1. Імпульсні системи автоматичного керування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/URL: http://www.fan.info/igeufsigeuigmaige.html](http://www.fan.info/igeufsigeuigmaige.html) 2. Ладанюк, А. Теорія автоматичного керування [Текст] / А. Ладанюк // Курс лекцій для студентів напряму 0925 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології ден. та заочн. форм навчання – (частина перша) – К.: НУХТ, 2004. – 174 с. 3. Сорока, К. Теорія автоматичного керування [Текст] / К. Сорока // Навч. посібник. – Харків: ХНАМГ, 2006. – 187 с. 4. Дослідження лінійної імпульсної системи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/URL: http://www.fan.info/poligeuigpolyfsgas.html](http://www.fan.info/poligeuigpolyfsgas.html). 5. Моделювання з використанням математичних пакетів. – Режим доступу: [www/URL: http://posibnyku.vntu.edu.ua/k_m/t1/171.htm](http://posibnyku.vntu.edu.ua/k_m/t1/171.htm) 6. Довгань, С. Дослідження систем електропривода методами математичного моделювання [Текст] / С. Довгань. – Дніпропетровськ: НГА України, 2001. – 137 с. 7. VisSim – Modelling and Simulation of Complex Dynamic System. Available:

<http://www.adeptscience.co.uk/products/mathsim/vissim> **8.** Клиначёв, Н. Моделирование систем в программе VisSim: справочная система / Н. Клиначёв. – Челябинск, 2004. – 116 с. **9.** Попович, М. Теорія автоматичного керування [Текст] / М. Попович, О. Ковальчук // Підручник. – К.: Либідь, 1997. – 544 с. **10.** Власов, К. Теория автоматического управления. [Текст] / К. Власов // Учебное пособие. – Харьков: «Гуманитарный центр», 2007. – 526 с. **11.** VisSim. Available: <http://uk.wikipedia.org/wiki/VisSim> **12.** Официальный сайт фирмы Visual Solution Inc. – Режим доступа: \www/URL: <http://www.vissim.com/> . **13.** Общее представление о программном комплексе VisSim [Электронный ресурс]. – Режим доступа: \www/URL: http://model.exponenta.ru/bt/bt_M2_0301.html

Bibliography (transliterated): **1.** Switching automatic control [electronic resource]. Available: \ www / URL: <http://5fan.info/igeyfsigeugmaige.html>. **2.** Ladanyuk, A. (2004). Theory of automatic control/ Lectures for students direction 0925 "Automation and Computer-Integrated Technologies den. and correspondence. Learning. (Part One). Kiev .: NUFT, 174. **3.** Soroka, K. (2006). Automatic control theory. Training. guide. Kharkov: KSAME, 187. **4.** Research linear pulse systems [electronic resource]. Available: \ www / URL: <http://5fan.info/poligeuigpolyfsgas.html>. **5.** Modeling using mathematical packages. Available: \ www / URL: http://posibnyky.vntu.edu.ua/k_m/tl/171..htm. **6.** Dougan, S. (2001). Study of electric methods of mathematical modeling / S. Dougan. - Dnepropetrovsk, Ukraine NGA, 137. **7.** VisSim - Modelling and Simulation of Complex Dynamic System. Available: <http://www.adeptscience.co.uk/products/mathsim/vissim>. **8.** Klynachëv, N. (2004). Modeling systems in the program VisSim: Background System. Chelyabinsk, 116. **9.** Popovic, M., Kovalchuk, A. (1997). The theory of automatic control. Tutorial. Kiev .: Lybed, 544 **10.** Vlasov, K. (2007). Theory Automatic management. Uchebnoe posobyie. - Kharkiv: "Humanytarnyy Center", 526. **11.** VisSim. Available: <http://uk.wikipedia.org/wiki/VisSim>. **12.** The official website of the firm Visual Solution Inc. Available: \ www / URL: <http://www.vissim.com/>. **13.** GENERAL predstavlenye O and software complex VisSim. Available: \ www / URL: http://model.exponenta.ru/bt/bt_M2_0301.html.

Надійшла (received) 15.04.2015

УДК 656.13

Т. М. ГРИГОРОВА, канд. техн. наук, докторант, ХНУМГ, Харків;
Ю. О. ДАВІДІЧ, д-р техн. наук, проф., ХНУМГ, Харків;
В. К. ДОЛЯ, д-р техн. наук, зав. каф., ХНУМГ, Харків

ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ВИБІР ПАСАЖИРАМИ ВИДУ ПРИМІСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Проведено дослідження факторів, які впливають на вибір пасажирів виду приміського транспорту. На підставі даних натурних обстежень проведено оцінку значущості для пасажирів факторів вибору виду приміського транспорту. Проведено аналіз факторів. Виявлено, що при виборі виду приміського транспорту для пасажирів найбільш важливі час руху, вартість проїзду та час очікування транспорту. Виявлені фактори у подальшому можна використовувати при визначенні закономірностей вибору пасажирів виду приміського пасажирського транспорту.

Ключові слова: приміське сполучення, пересування, пасажир, вид транспорту, фактор, коефіцієнт конкордації.

Вступ. Метою функціонування пасажирського транспорту є задоволення потреб населення у перевезеннях. Приміське транспортне сполучення в теперішній час не відповідає сучасним вимогам управління транспортними комплексами. Система організації транспортного обслуговування мешканців передмістя зараз знаходиться в стадії реорганізації. Швидкий розвиток міст призводить до концентрації приміських перевезень у найбільших містах. Великий обсяг цих перевезень