

УДК 656.13.02

О. А. Куниця, канд. техн. наук, доц., К. Ю. Заречна

Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Горлівка

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ, АЛГОРИТМУ ТА ПРОГРАМИ ВВЕДЕННЯ ЗОВНІШНЬОГО КІЛЬЦЕВОГО МАРШРУТУ

Проведено аналіз існуючих методик оптимізації маршрутних мереж. Спираючись на дані аналізу, розроблено методику введення зовнішнього кільцевого маршруту, на підставі якої розроблено алгоритм його введення. За даними розробленої формули прибутку автобуса від виконання одного рейсу та алгоритмом розроблено програму, яка дозволяє обрати схему зовнішнього кільцевого маршруту шляхом порівняння прибутку автобуса.

Постановка проблеми

Однією з найважливіших проблем на даному етапі розвитку міських маршрутних автобусних перевезень є незмінність їх мереж за великий проміжок часу. Однак структура та розподіл структурних районів міст істотно змінилися за останній час. Методики формування оптимальних мереж застаріли.

Аналіз останніх досліджень

Проблеми, які пов'язані з оптимізацією маршрутної мережі розглядалися різними вченими та практиками. Серед них: В. Г. Сосновський, А. Х. Зільберталь, В. С. Ларіонов, Д. С. Самойлов та інші [1, 2, 3]. Ними розроблено ряд методів та методик, які дозволяють оптимізувати маршрутну мережу. Однак, більшість із них не враховує економічні показники, тому виконаний аналіз публікацій обґрунтовує необхідність розробки методики оптимізації маршрутної мережі за рахунок введення зовнішнього кільцевого маршруту з урахуванням теперішніх особливостей транспортного функціонування міст.

Мета статті

Розробка методики введення зовнішнього кільцевого маршруту, яка відповідає сучасним умовам транспортного функціонування міст.

Основний розділ

Для того, щоб оптимізувати маршрутну автобусну мережу міста потрібно розробити методику.

Методика буде базуватися на використанні прибутковості одного автобуса за виконання одного рейсу. Отже, розробка методики полягає у виконанні наступних етапів:

1. Аналізуємо існуючу маршрутну мережу міста.

1.1 Проводимо аналіз маршрутної мережі міста за наступними показниками [4]:

- а) щільність маршрутної мережі;
- б) маршрутний коефіцієнт;
- в) коефіцієнт непрямолінійності маршрутів;

1.2 Наносимо на карту міста всі існуючі місця тяжіння пасажиропотоку: автовокзали, залізничні вокзали, ринки, місця проживання, роботи й навчання та ін.

1.3 Визначаємо основні напрямки руху автобусів.

2. Наносимо існуючі маршрути на карту міста.

2.1 Розділимо всі маршрути на діаметральні, радіальні, кільцеві та хордові для того, щоб зрозуміти, де найбільш завантажені пасажиропотоком райони міста.

2.2 Аналізуємо проходження маршрутів по існуючим місцям тяжіння пасажиропотоку.

2.3 При суттєвій завантаженості центру міста визначаємо необхідність введення зовнішнього кільцевого маршруту.

2.4 Після аналізу маршрутної мережі міста треба віднести її до того чи іншого типу.

3. Визначаємо можливі траси зовнішнього кільцевого маршруту.

3.1 Визначаємо місця тяжіння з найбільшим пасажиропотоком та з'єднуємо їх кільцевим маршрутом.

3.2 Проводимо практичну перевірку трас кільцевого маршруту. Перевіряємо геометричні параметри дороги та реальну можливість проїзду по ній.

3.3 Визначаємо фізичні параметри маршруту: напрямок руху маршруту, довжина маршруту, вулиці, по яким проходить маршрут, назви та кількість зупиночних пунктів, котрі проходить маршрут, початковий пункт слідування, місця відстою.

3.4 З метою визначення пасажиропотоку розділяємо всі обрані траси маршруту на відрізки. Відрізок маршруту повинен з'єднувати два райони. Пасажиропотік вимірюємо на тих маршрутах, які максимально з'єднують кінці відрізка маршруту.

3.5 Після визначення всіх параметрів маршрутів із всієї кількості варіантів трас маршруту обираємо лише ті, в яких довжина найменша й при цьому на них перевозиться максимальний пасажиропотік.

4. Аналізуємо місця розташування зупиночних пунктів та оцінюємо можливий пасажиропотік на кожній зупинці. Проаналізувавши місцезнаходження та відстань між зупинками, робимо висновок щодо їх розміщення. Відстань повинна знаходитись у діапазоні 400–1000 метрів. Якщо цей діапазон не дотримується, дивимось на місця тяжіння пасажиропотоку й робимо заключне рішення про введення або виключення зупиночного пункту.

5. Обираємо рухомий склад. Для цього використовуємо наступні параметри: пасажиропотік, інтервал руху, витрати на рухомий склад [5].

6. Розраховуємо прибуток автобусів. Скориставшись розробленою формулою прибутку одного автобуса за виконання одного рейсу, розраховуємо прибуток усіх обраних типів автобусів на кожній трасі маршруту, тобто для однієї траси буде декілька розрахунків прибутку. Для цього попередньо розраховуємо всі необхідні дані.

7. Обираємо маршрут. Обираємо ту схему маршруту з одним єдиним автобусом, прибуток від якого буде найбільший.

Для вибору траси зовнішнього кільцевого маршруту треба розробити алгоритм.

Перед тим, як розробляти алгоритм, дотримуючись методики (п. 3), треба обрати зі всіх можливих варіантів трас маршруту лише ті, які матимуть найменшу довжину та на яких буде перевозитись максимальний пасажиропотік. Далі, відповідно до п. 5 обрати декілька варіантів рухомого складу. Вибір раціонального рухомого складу для роботи на кільцевому маршруті полягає у розрахунку прибутку автобуса за виконання одного рейсу на цьому маршруті.

Алгоритм вибору траси зовнішнього кільцевого маршруту буде мати наступний вигляд:

1. Уводимо всі необхідні дані для розрахунку прибутку:

- пасажиропотік, Q , який розраховуємо перевезти;
- тариф на перевезення, T ;
- вартість автобуса, C_A ;
- гарантійний строк служби автобуса, $T_{\text{гар}}$;
- довжина рейсу, L_p ;
- вартість палива, C_p ;
- норма витрат палива, H_p ;
- кількість шин, $n_{\text{ш}}$;
- норма пробігу шин, $L_{\text{ш}}$;
- вартість шини, $C_{\text{ш}}$;
- норма пробігу до ТО-1 та ТО-2, ЛТО-1, ЛТО-2;
- витрати на ТО-1 та ТО-2, ВТО-1, ВТО-2;
- дні простою транспортного засобу під ТО-1 та ТО-2, ДТО-1, ДТО-2;
- витрати на участь у конкурсі, B_K ;
- витрати на ліцензування діяльності, B_L ;
- витрати на страхування транспортного засобу, $B_{\text{стр}}$;
- витрати на технічний огляд в органах ДАІ, $B_{\text{тех. ог}}$;
- розмір податку, який відраховується в бюджет, $PЗ$.

2. Розраховуємо наступні дані:

- час рейсу;
- час на маршруті;
- кількість рейсів;
- кількість кілометрів, яку автобус проходить за день;
- періодичність ТО;
- загальна кількість ТО;
- кількість водіїв та кількість зроблених ними рейсів, що визначається за формою організації праці водіїв.

3. Розраховуємо прибуток автобуса від виконання одного рейсу:

$$\begin{aligned}
 \Pi_{1p} = & (Q_p \cdot T) - \left(\left(\frac{1}{Z_p} \cdot \frac{1}{365 - D_{\text{ТО-1}} - D_{\text{ТО-2}}} \cdot \left(\frac{C_A}{T_{\text{гар}}} \cdot 2 + \frac{N_{\text{ш}} \cdot B_{\text{ш}}}{D_p} + \frac{B_K}{3} + \right. \right. \right. \\
 & \left. \left. \left. + \frac{B_L}{5} + B_{\text{СТР}} + B_{\text{ПС}} + 2 \cdot B_{\text{тех.ог}} \right) \right) + L_p \cdot \left(\frac{H_p}{100} \cdot C_p + \frac{n_{\text{ш}} \cdot C_{\text{ш}}}{L_{\text{ш}}} + \frac{1}{L_{\text{ТО-1}}} \cdot B_{\text{ТО-1}} + \right. \\
 & \left. \left. + \frac{1}{L_{\text{ТО-2}}} \cdot B_{\text{ТО-2}} \right) \right), \text{грн/рейс.}
 \end{aligned}$$

Обираємо ту схему зовнішнього кільцевого маршруту й той рухомий склад, прибуток від якого буде найбільший.

Графічно алгоритм представлено на рисунку 1.

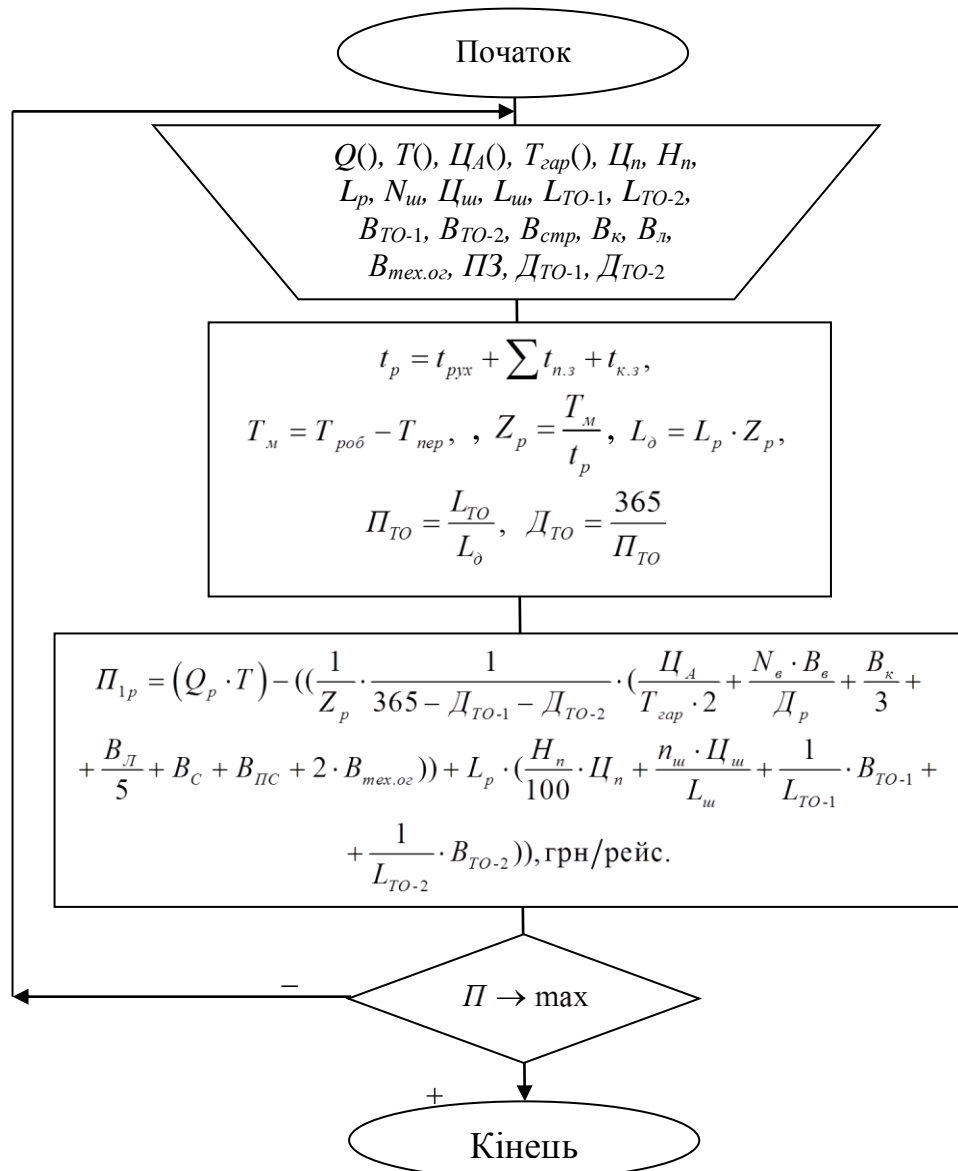


Рисунок 1 – Алгоритм уведення зовнішнього кільцевого маршруту

На основі розробленого алгоритму вибору зовнішнього кільцевого маршруту за економічним показником розробляємо програму вибору зовнішнього кільцевого маршруту за економічним показником.

Програма буде прораховувати прибуток одного автобуса від виконання одного рейсу на всіх обраних схемах маршруту, а потім обирати схему з найбільшим прибутком. Розрахункова частина лістингу програми буде мати наступний вигляд:

```

chasr1_1 = dov_reic1_1 / 30 + 41 * 0.008 + 0.08
chasr1_2 = dov_reic1_2 / 30 + 41 * 0.008 + 0.08
chasr2_1 = dov_reic2_1 / 30 + 41 * 0.008 + 0.08
chasr2_2 = dov_reic2_2 / 30 + 41 * 0.008 + 0.08
col_reic_bus1_1 = 11 / chasr1_1 - (11 / chasr1_1 Mod 1) + 1
col_reic_bus1_2 = 11 / chasr1_2 - (11 / chasr1_2 Mod 1) + 1
col_reic_bus2_1 = 11 / chasr2_1 - (11 / chasr2_1 Mod 1) + 1
col_reic_bus2_2 = 11 / chasr2_2 - (11 / chasr2_2 Mod 1) + 1
col_reic_bus2_2 = Math.Round(11 / chasr2_2, 0) + 1
col_reic_vod1_1 = col_reic_bus1_1
col_reic_vod1_2 = col_reic_bus1_2
col_reic_vod2_1 = col_reic_bus2_1
col_reic_vod2_2 = col_reic_bus2_2
col_vod1_1 = 2 : col_vod1_2 = 2 : col_vod2_1 = 2 : col_vod2_2 = 2
zarpl1_1 = 165 * 19.4 : zarpl1_2 = 165 * 19.4 : zarpl2_1 = 165 * 19.4 : zarpl2_2 = 165 * 19.4

```

```

PZ1_1 = Math.Round(zarpl1_1 / 100 * 36.76, 2)
PZ1_2 = Math.Round(zarpl1_2 / 100 * 36.76, 2)
PZ2_1 = Math.Round(zarpl2_1 / 100 * 36.76, 2)
PZ2_2 = Math.Round(zarpl2_2 / 100 * 36.76, 2)
prib1_1 = pas1_1 * t_per1_1 - (((1 / col_reic_bus1_1) * (1 / (365 - dTO1_1 - dTO1_1)) * (c_bus1_1 / (2 *
garant1_1) + col_vod1_1 * zarpl1_1 / dni_vod1_1 + _
konkurs1_1 / 3 + licenz1_1 / 5 + strahovka1_1 + PZ1_1 + 2 * teh_og1_1)) + dov_reic1_1 * (n_pal1_1 *
c_pal1_1 / 100 + c_shin1_1 * col_shin1_1 / p_shin1_1 + _
vit_TO1_1_1 / n_probTO1_1_1 + vit_TO2_1_1 / n_probTO2_1_1))
prib1_2 = pas1_2 * t_per1_2 - (((1 / col_reic_bus1_2) * (1 / (365 - dTO1_2 - dTO1_2)) * (c_bus1_2 / (2 *
garant1_2) + col_vod1_2 * zarpl1_2 / dni_vod1_2 + _
konkurs1_2 / 3 + licenz1_2 / 5 + strahovka1_2 + PZ1_2 + 2 * teh_og1_2)) + dov_reic1_2 * (n_pal1_2 *
c_pal1_2 / 100 + c_shin1_2 * col_shin1_2 / p_shin1_2 + _
vit_TO1_1_2 / n_probTO1_1_2 + vit_TO2_1_2 / n_probTO2_1_2))
prib2_1 = (pas2_1 * t_per2_1) - (((1 / col_reic_bus2_1) * (1 / (365 - dTO2_1 - dTO2_1)) * (c_bus2_1 / (2 *
garant2_1) + (col_vod2_1 * zarpl2_1 / dni_vod2_1) + _
konkurs2_1 / 3 + licenz2_1 / 5 + strahovka2_1 + PZ2_1 + 2 * teh_og2_1)) + dov_reic2_1 * (n_pal2_1 *
c_pal2_1 / 100 + c_shin2_1 * col_shin2_1 / p_shin2_1 + _
vit_TO1_2_1 / n_probTO1_2_1 + vit_TO2_2_1 / n_probTO2_2_1))
prib2_2 = (pas2_2 * t_per2_2) - (((1 / col_reic_bus2_2) * (1 / (365 - dTO2_2 - dTO2_2)) * (c_bus2_2 / (2 *
garant2_2) + (col_vod2_2 * zarpl2_2 / dni_vod2_2) + _
konkurs2_2 / 3 + licenz2_2 / 5 + strahovka2_2 + PZ2_2 + 2 * teh_og2_2)) + dov_reic2_2 * (n_pal2_2 *
c_pal2_2 / 100 + c_shin2_2 * col_shin2_2 / p_shin2_2 + _
vit_TO1_2_2 / n_probTO1_2_2 + vit_TO2_2_2 / n_probTO2_2_2))
TextBox97.Text = Math.Round(prib1_1, 2) : TextBox98.Text = Math.Round(prib1_2, 2) : TextBox99.Text =
Math.Round(prib2_1, 2) : TextBox100.Text = Math.Round(prib2_2, 2)
Dim a(4), max As Double
a(1) = Math.Round(prib1_1, 2) : a(2) = Math.Round(prib1_2, 2) : a(3) = Math.Round(prib2_1, 2) : a(4) =
Math.Round(prib2_2, 2)
Dim i As Integer
max = a(1)
For i = 2 To 4
If a(i) > max Then
max = a(i)
End If
Next i
If TextBox97.Text = max Then
TextBox97.BackColor = Color.Yellow
Exit Sub
ElseIf TextBox98.Text = max Then
TextBox98.BackColor = Color.Yellow
Exit Sub
ElseIf TextBox99.Text = max Then
TextBox99.BackColor = Color.Yellow
Exit Sub
ElseIf TextBox100.Text = max Then
TextBox100.BackColor = Color.Yellow
Exit Sub
End If
End Sub
End Class

```

Усі дані, які використовуються в програмі, заносимо до таблиці 1.

Таблиця 1 – Ідентифікація даних

Назва змінної	Написання у VBA
Пасажиропотік	pas
Тариф на перевезення	t_per
Довжина рейсу	dov_reic
Кількість рейсів	col_reic_bus
Дні знаходження на ТО	dTO
Вартість автобуса	c_bus
Гарантійний строк служби	garant
Нормативний пробіг до ТО-1	n_probTO1
Нормативний пробіг до ТО-2	n_probTO2
Витрати на ТО-1	vit_TO1
Витрати на ТО-2	vit_TO2
Дні роботи водія	dni_vod
Кількість рейсів, що зроблені водієм	col_reic_vod
Кількість водіїв	col_vod
Заробітна плата водія	zarpl
Витрати на проведення конкурсу	konkurs
Витрати на ліцензування	licenz
Витрати на страхування	strahovka
Витрати на проведення технічного огляду	teh_og
Податки та збори	pz
Прибуток	prib

Зовнішній вид програми наведено на рисунку 2.

	Схема №1		Схема №2	
	CityLAZ 13,5 LF	CityLAZ 20 LF	CityLAZ 13,5 LF	CityLAZ 20 LF
Пасажиропотік, пас.	1824	1824	1824	1824
Тариф на перевезення, грн.	2	2	2	2
Ціна автобуса, грн.	800000	1360000	800000	1360000
Гарантійний строк служби, рік	5	5	5	5
Ціна палива, грн.	11	11	11	11
Норма витрат палива, л/100 км	25	30	25	30
Ціна шини, грн.	6100	6100	6100	6100
Кількість шин, шт.	6	10	6	10
Норма пробігу до ТО-1, км	3500	3500	3500	3500
Норма пробігу до ТО-2, км	14000	14000	14000	14000
Витрати на ТО-1, грн.	8200	9600	8200	9600
Витрати на ТО-2, грн.	14100	17200	14100	17200
Дні знаходження під ТО-1, ТО-2	1	1	1	1
Витрати на конкурс, грн.	300	300	300	300
Витрати на ліцензування, грн.	2647	2647	2647	2647
Витрати на страхування автобуса, грн.	926.65	926.65	926.65	926.65
Витрати на технічний огляд в органах ДАІ, грн.	300	300	300	300
Довжина рейсу, км.	38	38	38,6	38,6
Дні роботи водія, дн.	15	15	15	15
Кількість водіїв, ч.	2	2	2	2
Кількість рейсів автобуса	7	7	7	7
Кількість рейсів водіїв	7	7	7	7
Заробітна плата водіїв, грн.	3201	3201	3201	3201
Відрахування до бюджету, грн.	1176.69	1176.69	1176.69	1176.69
Прибуток 1-го автобуса від перевезення пасажирів за один рейс, грн.	3366.87	3289.41	3362.96	3284.62

Рисунок 2 – Зовнішній вид програми

Висновки

Було розроблено узагальнену методику вибору кільцевого маршруту, на підставі якої було розроблено алгоритм вибору кільцевого маршруту. Також було розроблено програму, яка обирає схему маршруту на підставі максимального прибутку автобуса від виконання одного рейсу.

Список літератури:

1. Зильберталь А. Х. Проблемы городского пассажирского транспорта / А. Х. Зильберталь. – М.–Л.: Гострансиздат, 1937. – 272 с.
Zilbertal A. Kh. Problemy gorodskogo passazhirskogo transporta (Problems of Public Transport) / A. Kh. Zilbertal. – М.–Л.: Gostransizdat, 1937. – 272 s.
2. Ларионов В. С. Принципы и методы установления пассажирских маршрутов / В. С. Ларионов // Организация движения городского транспорта: труды НИИ городского транспорта Моссовета. – М.–Л.: изд-во Наркомхоза РСФСР, 1940. – С. 106–170.
Larionov V. S. Printsypy i metody ustanovleniya passazhirskikh marshrutov (Principles and Methods for Setting Passenger Routes) / V. S. Larionov // Organizatsiya dvizheniya gorodskogo transporta: trudy NII gorodskogo transporta Mossoveta. – М.–Л.: izd-vo Narkomkhoza RSFSR, 1940. – S. 106–170.
3. Самойлов Д. С. Городской транспорт / Д. С. Самойлов. – М.: Стройиздат, 1983. – 384 с.
Samoylov D. S. Gorodskoy transport (Public Transport) / D. S. Samoylov. – М.: Stroyizdat, 1983. – 384 s.
4. Містобудування. Планування та забудова міських і сільських поселень: ДБН 360-92**. – К.: Державні будівельні норми України, 2002. – 50 с.
Mistobuduvannia. Planuvannia ta zabudova miskykh i silskykh poselen: DBN 360-92** (Urban Development. Planning and Development of Residential and Rural Areas: DBN 360-92** (Ukrainian National Construction Regulations). – К.: Derzhavni budivelni normy Ukrainy, 2002. – 50 s.
5. Марченко К. В. Вибір раціонального рухомого складу для автобусних перевезень (за економічними показниками): магістерська робота / К. В. Марченко. – 2011. – 85 с.
Marchenko K. V. Vybir ratsionalnoho rukhomoho skladu dlia avtobusnykh perevezen (za ekonomichnymy pokaznykamy): mahisterska robota (Choice of Rational Rolling Stock for Bus Service (According to Economic Factors: Master's Thesis) / K. V. Marchenko. – 2011. – 85 s.
6. Сосновский В. Г. Общественный транспорт республики Беларусь. Состояние и перспективы развития: материал республиканской конференции / В. Г. Сосновский, А. М. Борисенко. – Минск, 2011. – 64 с.
Sosnovskiy V. G. Obshestvennyy transport respubliki Belarus. Sostoyaniye i perspektivy razvitiya: material respublikanskoj konferentsii (Public Transport of the Republic of Belarus. State and Prospects for Further Development: Proceedings of the Republican Conference) / V. G. Sosnovskiy, A. M. Borisenko. – Minsk, 2011. – 64 s.
7. Закутин Н. Н. О планировании транспортных сетей методом доступности / Н. Н. Закутин // Транспорт и дороги города. – 1934. – № 8.
Zakutin N. N. O planirovanii transportnykh setey metodom dostupnosti (Concerning the Transport Network Planning Using the Accessibility Method) / N. N. Zakutin // Transport i dorogi goroda. – 1934. – № 8.
8. Пассажирские автомобильные перевозки: учебник для студентов вузов / Л. Л. Афанасьев, А. И. Воркут, А. Б. Дьяков и др.; под ред. Н. В. Островского. – М.: Транспорт, 1986. – 220 с.
Passazhirskiye avtomobilnyye perevozki: uchebnik dlya studentov vuzov (Passenger Transportations by Road: Coursebook) / L. L. Afanasyev, A. I. Vorkut, A. B. Dyakov i dr.; pod red. N. V. Ostrovskogo. – М.: Transport, 1986. – 220 s.

Рецензент: канд. екон. наук, доц. Т. Є. Василенко, АДІ ДонНТУ
Стаття надійшла до редакції: 25.12.2013