

УДК 656:625.45:331.45:625.7

Основы методики выбора и обоснования видов городского общественного транспорта Ирака

Е. П. Дудкин, Хусам Аббас Мохсин Абужваид

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Дудкин Е. П., Абужваид Хусам Аббас Мохсин. Основы методики выбора и обоснования видов городского общественного транспорта Ирака // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2023. — Т. 20. — Вып. 2. — С. 314–324. DOI: 10.20295/1815-588X-2023-2-314-324

Аннотация

Цель: Совершенствование системы городского общественного транспорта (ГОТ), обеспечивающей эффективность функционирования его в городах Ирака. Выбор и обоснование вида городского транспорта в г. Наджафе (Ирак), который обеспечит повышение безопасности и скорости передвижения пассажиров. Обоснование сфер применения различных видов транспорта в городах Ирака путем оптимизации и выбора видов пассажирского транспорта, исходя из объема перевозок, пассажиронапряженности и характеристик городов. **Методы:** Методы статистической обработки, функционального анализа, математического моделирования, теории вероятности, анализ городского пассажирского транспорта в иракских городах, классификации городов Ирака по основным характеристикам: плотность населения, площадь, уровень автомобилизации, максимальная протяженность территории, анализ напряженности пассажиропотока и средней вместимости подвижного состава. **Результаты:** Откорректированы новые границы интервалов средней напряженности пассажиропотока для групп городов Ирака, что позволяет выбирать вид ГОТ и его долю перевозок для каждого типа подвижного состава. Предложено распределение видов городского транспорта, учитывающее особенности городов Ирака в соответствии с их классификацией. **Практическая значимость:** Применение разработанных предложений и мероприятий позволило: выполнить обоснование и выбор видов городских транспортных систем для города Наджафа; выполнить расчет интенсивности пассажиропотоков в направлении движения по шести различным маршрутам с максимальным трафиком для города Наджафа; определить классификацию рядов вместимости подвижного состава и варианты ГОТ для городов Ирака. Представить рекомендации по развитию транспортной сети городов Ирака. Предложенное распределение видов городского транспорта улучшает транспортное обслуживание населения и повышает качество использования каждого вида транспорта.

Ключевые слова: Методика совершенствования системы городского общественного транспорта, вместимость подвижного состава, напряженность пассажиропотока, характеристики иракских городов, особенности функционирования транспорта в городах Ирака, классификация городов.

Исследования в области ГТС в Ираке немногочисленны и недостаточны. Существует серьезная проблема, связанная с планированием перевозок общественным транспортом в связи с увеличением численности населения городов, высоким спросом на перевозки и широким использованием личных транспортных средств. С 2003 года

количество частных транспортных средств увеличилось на 122 %. Кроме того, существуют сезонные проблемы из-за наплыва туристов в некоторых городах Ирака [1].

Проведенный анализ видов городского общественного транспорта показал, что для городов Ирака наиболее интересные варианты — это ско-

ТАБЛИЦА 1. Количество посетителей города Наджафа с населением 1 066 428 человек при разных сезонных событиях

Вид события	Количество посетителей, чел.
Рамадан	10 392 900
Arbaeenea	11 000 000
Ашура	3 070 000
Арафат	1 434 732
Четвергам	18 014 360
Другие религиозные события	6 928 600

ростной трамвай, навесные и подвесные монорельсовые дороги, система «Трамвай-поезд». Также выполнен сравнительный анализ основных видов городского общественного транспорта и его влияние на экологические и экономические системы.

В Ираке количество видов общественного транспорта довольно ограничено. В основном используются автобусы, и при этом высока доля личного транспорта, что приводит к росту аварийности. Также существуют сезонные транспортные проблемы в некоторых городах, когда население увеличивается более чем в 6 раз в определенное время в году в зависимости от события, например в городе Наджафе, как показано в табл. 1 [2].

Анализ исследований, выполненных Д. С. Самойловым, Э. А. Сафроновым, В. А. Черняевой, определил следующую последовательность выполнения выбора видов ГОТ: на первом этапе

предлагается *спрогнозировать транспортную подвижность*, такой прогноз с определением границ и допустимых колебаний для групп городов на краткосрочную и долгосрочную перспективу представлен в табл. 2 [3–5].

После прогнозирования транспортной подвижности необходимо рассчитать среднюю дальность поездки. Сетевая дальность поездки определяется по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \bar{l}_{\text{ср}} &= 1,3 + 0,3\sqrt{F} \\ \bar{l}_{\text{мин}} &= 1,3 + 0,13\sqrt{F} \\ \bar{l}_{\text{макс}} &= 1,3 + 0,72\sqrt{F} \end{aligned} \right\},$$

где F — площадь жилой зоны, км².

После определения средней дальности поездки проводятся обоснования *пассажиропотоков*.

Для определения пассажиропотока город делится на несколько районов (рис. 1).

Чем больше районов, тем точнее расчеты, но вычисления усложняются. Затем идет этап определения количества жителей в каждом районе, количества рабочих и посетителей, а также разрабатывается базовый дизайн сети. Далее определяют виды транспорта и корреспонденции между регионами. Расчеты корреспонденций производятся по формуле:

$$P_{ij} = P_i (d_{ij} A_j) / \sum_i A_j d_{ij},$$

ТАБЛИЦА 2. Прогнозы трафика

Группа городов, тыс. чел.	Транспортная подвижность, число поездок на 1 жителя					
	Долгосрочный прогноз			Краткосрочный прогноз		
	Относительная подвижность, λ_c	Возможные отрезки колебаний		Относительная подвижность, λ_c	Возможные отрезки колебаний	
λ_1		λ_2	λ_1		λ_2	
I (1000–2000)	635	580	690	575	20	30
II (500–1000)	595	515	670	535	55	10
III (250–500)	555	460	650	495	400	590
IV (100–250)	485	385	585	425	325	525
V (50–100)	405	300	510	345	240	450

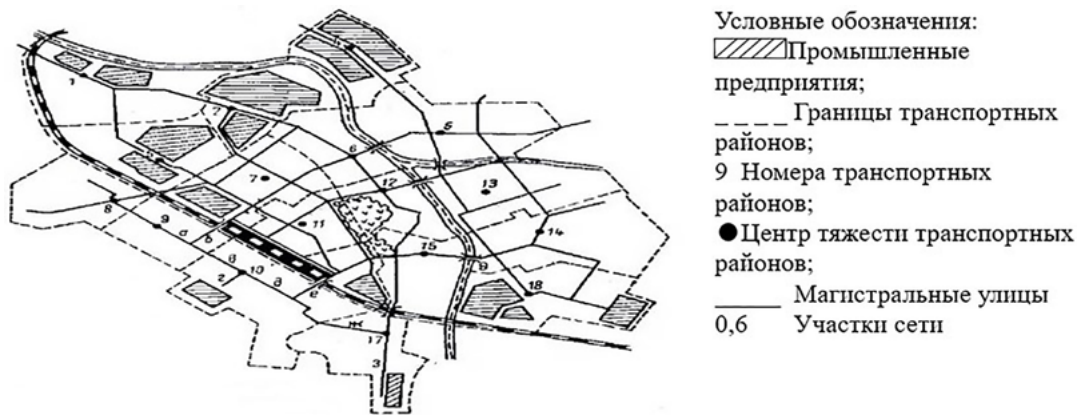


Рис. 1. Разбивка города на расчетные транспортные районы (зоны)

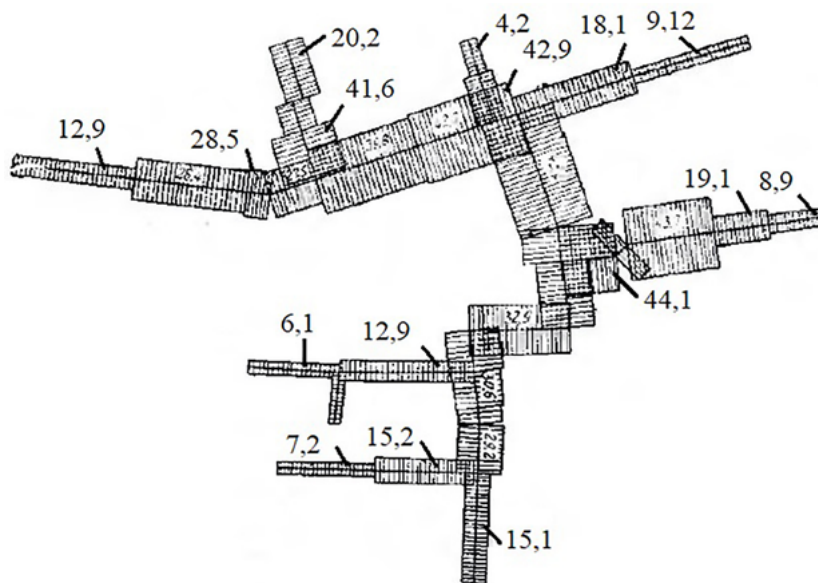


Рис. 2. Пример вида картограммы пассажиропотоков

где P_{ij} — потенциальное количество рабочих из зоны отправления j в зону прибытия i ;

P_i — количество рабочих на участке j ;

d_{ij} — зависимость распределения передвижений от потраченного времени;

A_j — количество рабочих на участке выезда.

Исходя из полученной информации строится график пассажиропотоков (рис. 2), предлагаются варианты подвижного состава по пропускной способности. Если известна средняя вместимость, то можно определить весь ряд вместимости. Среднюю вместимость рассчитывают по формуле:

$$\Omega = \frac{\delta_n \cdot B_M \cdot t_{ож} \cdot l_{ср}}{\delta_n \cdot k_M \cdot C},$$

где Ω — относительная емкость подвижного состава, пасс.;

δ_n — плотность населения, тыс. жит/км²;

B_M — количество рейсов за 24 часа;

$t_{ож}$ — период ожидания подвижного состава, мин;

$l_{ср}$ — относительное расстояние маршрута, км;

δ_n — концентрация сети подвижного состава, км/км²;

k_M — дорожный коэффициент;

$$C = \frac{200}{k_c k_d k_{\text{нп}} \rho},$$

здесь $k_c k_d k_{\text{нп}}$ — показатели колебания пассажиропотока в зависимости от времени года, расстояния маршрута и направленности;

ρ — доля использования определенного подвижного состава во время наивысшей нагрузки транспорта (%).

Определив варианты необходимой пропускной способности транспорта и построив кривые распределения автоперевозок с учетом плотности пассажиропотока, допускается вычислить коэффициенты распределения перевозок между вариантами различного по пропускной способности транспорта для каждой из категорий городов и получить сведения о разделении перевозок

между типами подвижного состава городского маршрутного пассажирского транспорта страны.

Для расчета необходимого количества подвижного состава используется следующая формула:

$$W_{\text{дв}} = A l_{\text{ср}} \alpha_{\gamma} / 365 \Omega k_{\text{нп}} h v_{\Sigma},$$

где A — прогнозируемый объем трафика в год, пас.;

$l_{\text{ср}}$ — относительная удаленность рейса, км;

α — показатель сезонной изменчивости пассажиропотока;

γ — транспортная неравномерность за сутки;

Ω — относительная емкость подвижного состава;

$k_{\text{нп}}$ — среднесуточный показатель пассажиропотока за 24 часа;

v_{Σ} — быстродействие эксплуатации, км/ч.

ТАБЛИЦА 3. Показатели структуры городского общественного транспорта

Индекс	Математические формулы	Величина	Сфера применения
Предложенная удельная система ГПТ	$G = \Omega П W / N$	место км жит. сут.	Прогнозирование предложений на услуги транспорта
Используемая удельная система ГПТ	$\bar{\ell} = A_M \ell_M / N$	пасс.-км жит. сут.	Определение потребностей в транспортных услугах
Относительная скорость перемещения на одного жителя. Параметры эффективности ГПТ.	$V_{\text{пер}} = \bar{\ell} / t_{\text{жит}} = \ell_{\text{пас}} / t_{\text{пас}} = A_M \ell_M / N t_{\text{жит}}$	пасс.-км жит. ч	Отбор оптимального вида системы ГПТ
Среднесуточный показатель применения пропускной способности подвижного состава	$K_{\text{н}} = \bar{\ell} / G = A_M \ell_M / \Omega П W$	—	Определение эффективности системы ГПТ и качества предоставляемых услуг

где Ω — относительная емкость подвижного состава, мест;

Π — пробег одной единицы транспорта за сутки, км;

W — объем транспорта, ед.;

N — численность населения города, жит.;

A_M — объем перевозок в рейсах, пасс.;

$t_{\text{пас}}$ — время пассажира в пути, мин;

ℓ_M — расстояние передвижения, км;

$t_{\text{жит}}$ — среднесуточный период времени перемещений жителя на транспорте, мин, $t_{\text{жит}} = t_{\text{пас}} A_M / N K_{\text{н}}$;

$\ell_{\text{пас}}$ — удаленность пассажирских перевозок, км.

ТАБЛИЦА 4. Показатели оценки ГОТ

Название индикатора	Формула для расчета	Расшифровка
Срок окупаемости мероприятий ($T_{ок}$) — промежуток времени, в течение которого инвестиции в местную транспортную программу будут пополняться за счет дохода	$T_{ок} = \frac{\sum_{T=0}^T (K_i + \mathcal{E}_i + 3)}{\Pi_1 + \Pi_2 + \dots + \Pi_n}$	за i -тый год K_i — капиталовложения с учетом дисконтирования; \mathcal{E}_i — затраты на ремонт; 3 — остальные затраты (зарботная плата, отчисления и налоги и др.); Π — прибыль
Производительность труда на разновидностях транспорта ($\Pi_{тр}$) — анализ производительности рабочих возможностей	$\Pi_{тр} = \frac{\sum_{T=0}^T Q_i}{\sum_{T=0}^T \tau_i}$	Q_i — объем перевозок i -тым видом транспорта; τ_i — количество его сотрудников
Показатель удовлетворения потребностей в транспорте ($K_{усп}$)	$K_{усп} = \frac{\Pi}{C}$	Π — общий объем предложения — совокупный объем услуг в стоимостном или натуральном виде; C — общий показатель платежеспособного спроса
Уровень занятости транспортных средств ($K_{ук}$) — анализ излишков и недостатков видов транспорта для удовлетворения платежеспособной потребности	$K_{ук} = N_{испр} / N_{тр}$	$N_{испр}$ — количество работоспособного транспорта конкретного вида; $N_{тр}$ — количество транспорта конкретного типа, необходимое для удовлетворения платежеспособной потребности
Показатель аварийности (K_a), показывающий состояние безопасности дорожного движения	$K_a = A / L$	A — количество аварий на дорогах и дорожно-транспортных происшествий; L — величина пробега

Факторы, определяющие процесс спроса и предложения, приведены в табл. 3.

Вычисляются транспортные потребности жителей, схемы их передвижения и потребность в транспортных услугах.

Эти данные позволяют дать комплексную оценку эффективности транспортных систем для городов и регионов.

Показатели, которые оценивают ГОТ с точки зрения удовлетворенности потребностей на услуги по их ассортименту и количеству, нехватке транспортных средств и наличия запасного или избыточного оборудования, безопасности дорожного движения, влияния транспорта на окружающую среду, соответствие транспортного комплекса преобладающим условиям в регионе представлено в табл. 4.

Далее требуется рассчитать средние напряженности пассажиропотока $\sigma_{ср}$ и средние вместимости подвижного состава $\Omega_{ср}$. Построены

кривые размещения-трафика по рейсам, рассчитаны разновидности городской системы общественного транспорта и запасы для каждого типа подвижного состава. Исследование ограничивается городами, население которых не превышает двух миллионов человек.

На первом этапе вычисляются средние напряженности пассажиропотока на маршрутах в сутки σ_M . Для расчета средней напряженности пассажиропотока на маршрутах используется формула:

$$\sigma_{ср} = f(N, L, k_H, k_1, \delta_H, A),$$

где $\sigma_{ср}$ — средняя напряженность пассажиропотока на маршрутах (тыс. пасс.-км/км в сутки);
 N — численность населения города тыс. чел.;
 L — предельная длина территории (км);
 K_H — коэффициент непрямолинейности сообщений;
 K_1 — коэффициент, учитывающий уровень развития транспортной системы;

δ_H — плотность населения города (чел/км²);
 A — степень загруженности города автомобилями (число автомобилей на 1000 жителей).

Для расчета средней напряженности автомобильного пассажиропотока в сутки для городов применяется выражение:

$$\sigma_{cp} = \frac{\delta_H}{k_1} \cdot \left(\begin{array}{l} 391 + 231 \cdot \ln \delta_H - \\ -34,9(0,705 \cdot e^{0,0057A}) + \\ +0,982 \cdot (0,705 \cdot e^{0,0057A})^2 \end{array} \right) \times \\ \times \left(\begin{array}{l} 0,8 \cdot L \cdot k_H \cdot (0,8 \cdot L \cdot k_H - 2) \\ 3,2 \cdot L \cdot k_H - 5,3 \lg^2(0,8 \cdot L \cdot k_H) - \\ -9,2 \lg(0,8 \cdot L \cdot k_H) - 1 \end{array} \right).$$

А с целью определения и проектирования городского пассажирского общественного транспорта в новых городах — формула:

$$\sigma_{cp} = \frac{10}{k_1} (922,9 - 34,9 \cdot D + 0,982 \cdot D^2) \times \\ \times \left(\begin{array}{l} 0,92 \cdot L^2 - 1,92 \cdot L \\ 3,84L - 5,3 \lg^2(0,96 \cdot L) - \\ -9,2 \lg(0,96 \cdot L) - 1 \end{array} \right),$$

где D — годовой доход на душу населения, тыс. руб.

Для определения числа вариантов подвижного состава необходимо рассчитать среднюю вместимость подвижного состава по формуле, предложенной профессором Э. С. Сафроновым:

$$\Omega = [K_1 + (LB\psi - 0,33K_1)K_2],$$

где K_1 — число мест для сидящих пассажиров, пасс.;

L — общая длина единицы транспорта, м;

B — общая ширина единицы транспорта, м;

ψ — показатель применения площади;

0,33 — площадь, занимаемая одним сидящим пассажиром;

K_2 — число пассажиров, проезжающих стоя на 1 м² свободной площади, пасс.

ТАБЛИЦА 5. Распределение рядов вместимостей подвижного состава

Группа городов	Группы рядов, чел.
А	35, 100, 180, 390, 1200
Б	35, 100, 180, 390, 950
В	35, 100, 260, 750
Г	35, 100, 260, 610
Д	35, 100, 180, 480
Ж	35, 100, 180, 390
К	35, 100, 260
Л	35, 100, 180
М	35, 100
Н	35, 65

На основании выполненного анализа можно предложить следующие диапазоны вместимостей подвижного состава для применения в городах Ирака: 20, 35, 100, 180, 260, 390, 480, 610, 750, 950, 1200 (табл. 5) [6].

По параметрам городов Ирака произведен расчет объема перевозок для каждого варианта подвижного состава [7].

Сравнение объема перевозок по каждому виду городского транспортного средства для городов России и Ирака показало схожие результаты, поэтому полученные для городов России зависимости от выбора подвижного состава транспорта рекомендуется использовать в дальнейших исследованиях городов Ирака. Но при этом необходимо разработать границы интервалов и разделение групп городов Ирака по средней плотности пассажиропотока на дорогах [8].

На втором этапе производится определение требуемой номенклатуры видов городского пассажирского общественного транспорта, удовлетворяющей спросу на передвижения. При использовании значений максимального типа подвижного состава (ПС), можно вычислить максимальную напряженность пассажиропотока, а далее определить среднее значение суточной напряженности пассажиропотока для городов Ирака (табл. 6). Все города Ирака по границе интервалов средней

ТАБЛИЦА 6. Средние значения суточной напряженности пассажиропотока для городов Ирака

Тип ПС (вместимость)	σ_{\max}	$\sigma_{\text{ср}}$	$\Omega_{\text{ср}}$
65	11,42	2,15	38
100	15,31	5,90	56
180	32,28	7,20	123
260	43,56	13,90	165
390	59,63	17,50	259
480	71,20	19,60	332
610	102,35	33,20	421
750	136,40	40,10	563
950	162,34	43,60	685
1200	193,82	63,75	869

ТАБЛИЦА 7. Границы интервалов для городов Ирака

Группа городов	Средняя напряженность пассажиропотока на маршрутах, тыс. пасс. км/км в сутки
А	43,60–63,75
Б	40,10–43,60
В	33,20–40,10
Г	19,60–33,20
Д	17,50–19,60
Ж	13,90–17,50
К	7,20–13,90
Л	5,90–7,20
М	2,15–5,90
Н	Менее 2,15



Рис. 3. Сравнение границ интервалов в России и Ираке

напряженности пассажиропотока были распределены на 10 групп (табл. 7) [9].

Выполненные расчеты, с учетом полученных новых границ интервалов для городов Ирака, определили долю перевозок разнообразными типами транспорта в зависимости от среднесуточной напряженности пассажиропотока. Эти зависимости показаны на рис. 3, где новые границы интервалов групп городов Ирака выделены пунктиром, а городов России — сплошной черной линией. Исходя из этого, итоговые результаты отображены на рис. 4, а именно доли трафика и виды транспорта для каждой группы городов [10, 11].

Апробирование методики выбора и обоснования транспортной системы для городов Ирака было выполнено на примере г. Наджафа.

Для этого города выполнены расчеты пассажиропотоков. Интенсивность транспортных потоков в каждом направлении движения рассчитана по шести различным маршрутам с максимальным трафиком (рис. 5).

Анализ полученных пассажиропотоков (рис. 6) показывает, что их значения меняются в пределах 12 000–15 000 чел. в час.

Теоретические расчеты — средняя напряженность пассажиропотока на маршрутах города

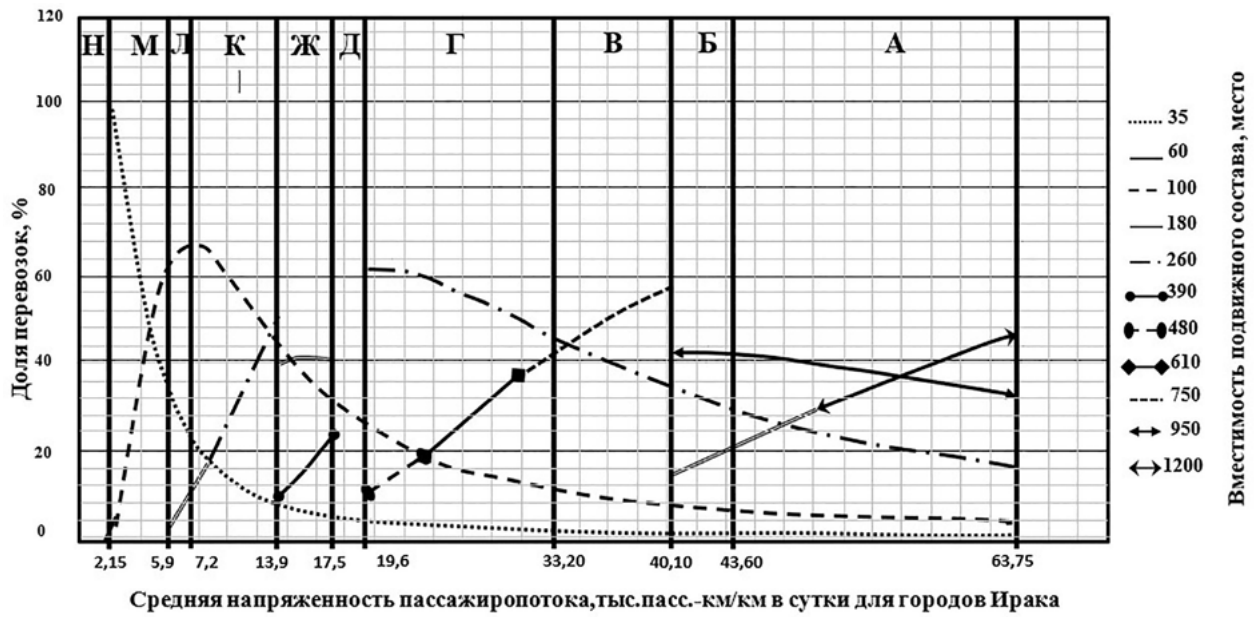


Рис. 4. Объемы движения для каждого вида транспорта, основанные на средней плотности пассажиропотока за 24 часа для городов Ирака



Рис. 5. Размещение исследуемых маршрутов

Наджафа $\sigma_{cp} = 14$ тыс. пасс. км/км. Таким образом, теоретические пассажиропотоки достаточно близки к практическим, поэтому откорректированные границы интервалов средней напряженности пассажиропотока можно применить и к остальным городам Ирака.

Результаты вычислений объемов перевозок на каждый вариант подвижного состава (в процентах) представлены на рис. 7. На диаграмме отображены существующая система и предлагаемая.

По результатам расчетов объема перевозок существующей и рекомендуемой системы города Наджаф можно отметить следующее:



Рис. 6. Диаграмма маршрутов по уровню пассажиропотока

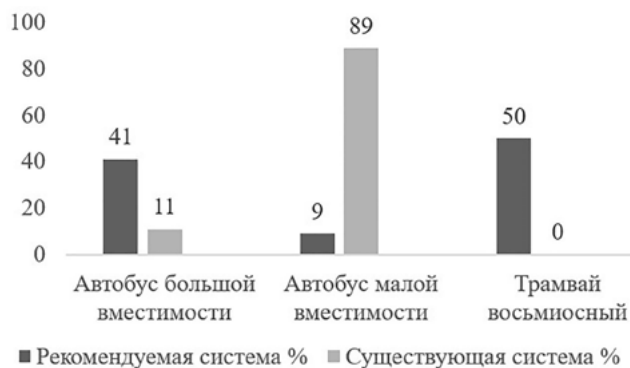


Рис. 7. Существующее и рекомендуемое распределение видов транспорта на примере города Наджафа



Рис. 8. Стандартная рекомендуемая система и система для сезонных пиковых периодов, %, на примере города Наджафа

– необходимо снизить величину применения автобусов малой вместимости до 9 %;

– следует увеличить величину применения автобусов большой вместимости с 11 до 41 %

– рекомендуется использовать трамваи, которые в настоящее время практически не используются.

В случае сезонных периодов пиковой туристической активности доля перевозок городского общественного транспорта и их варианты показаны на рис. 8: применение микроавтобусов сократилось до 4 %, больших автобусов до 14 %, а использование восьмиосных сочлененных трамваев увеличилось более чем на 50 %.

Библиографический список

1. Dudkin E. P. Urban Traffic Network Connectivity and Efficiency Evaluation (through the example of Iraq) / E. P. Dudkin, H. A. M. Abujwaid, L. A. Losin // Lecture Notes in Networks and Systems. International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia. — 2021. — Vol. 402. — Pp. 627–636.

2. Dudkin E. P. Feasibility study of calculation methods for tram track stiffness / E. P. Dudkin, H. A. M. Abujwaid, N. N. Sultanov // BRICS Transport. 2023. — Vol. 2(1). — DOI: 10.46684/2023.1.3.

3. Самойлов Д. С. Городской транспорт. Москва / Д. С. Самойлов. — М.: Стройиздат, 1983. — 384 с.

4. Сафронов Э. А. Транспортные системы городов и регионов / Э. А. Сафронов. — М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. — 140 с.

5. Сафронов Э. А. Методика оптимизации структуры парков подвижного состава пассажирского транспорта / Э. А. Сафронов, К. Сафронов // Автомобильный транспорт. — 2002. — № 11. — С. 14–15.

6. Абулжаид Х. А. М. Обоснование сфер применения видов транспорта в городах Ирака / Х. А. М. Абулжаид, Е. П. Дудкин // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы: сборник трудов LXXX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. — 2020. — С. 13–16.

7. Дудкин Е. П. Выбор вида городского транспорта в городе Наджаф (Ирак) / Е. П. Дудкин, Х. А. М. Абулжаид, Азаб А.-Д. Х. // Промышленный Транспорт XXI век. — 2019. — № 1-2. С. 86–89.

8. Дудкин Е. П. Проектирование систем городского общественного транспорта: монография / Е. П. Дудкин, Л. А. Лосин, Х. А. М. Абулжаид и др. — УМЦ ЖДТ, 2022.

9. Дудкин Е. П. Оценка связности и эффективности функционирования улично-дорожной сети городов (на примере Ирака) / Е. П. Дудкин, Х. А. М. Абулжаид, Л. А. Лосин // III Бетанкуровский международный инженерный форум: сборник трудов. В 2 томах. Том 1, Санкт-Петербург, 2–3 декабря 2021 года. ФГБОУ ВО ПГУПС, 2021. — 237 с. — С. 121–124.

10. Дудкин Е. П. Перспективы развития городского общественного транспорта Ирака / Е. П. Дудкин, В. А. Черняева, Х. А. М. Абужваид // Журнал о науке, экономике, практике. Транспорт Российской Федерации. Конкурентноспособность транспортного комплекса. — 2020. — № 5(90). — С. 18–21.

11. Дудкин Е. П. Тестирование эффективности улично-дорожной сети городов (на примере Петрозаводска) / Е. П. Дудкин, Х. А. М. Абужваид, Л. А. Лосин // Российская академия наук Северо-Западная секция содействия развитию экономической науки, Журнал по проблемам региональной экономики. Экономика Северо-

Запада: проблемы и перспективы развития. 2021. — № 2(65). — С. 145–150. — DOI: 10.52897/2411-4588-2021-2-145-150.

Дата поступления: 15.05.2023

Решение о публикации: 31.05.2023

Контактная информация:

ДУДКИН Евгений Павлович — д-р техн. наук, проф.;

ed@pgups-tempus.ru

АБУЖВАИД Хусам Аббас Мохсин — аспирант;

husamalkafai@gmail.com

Basic Methodology for Selecting and Substantiating Iraqi Urban Public Transport Modes

E. P. Dudkin, H. A. Abujwaid

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

For citation: Dudkin E. P., Abujwaid H. A. Basic Methodology for Selecting and Substantiating Iraqi Urban Public Transport Modes // *Proceedings of Petersburg State Transport University*, 2022, vol. 19, iss. 2, pp. 314–324. (In Russian). DOI: 10.20295/1815-588X-2022-2-314-324

Summary

Purpose: Improving the urban public transport (UPT) system to ensure its efficient operation in Iraqi cities. Choice and justification of the urban transport mode in Najaf (Iraq), which will improve safety and speed of movement of passengers. Justification of the application areas for different types of transport in Iraqi cities by optimizing and selecting modes of passenger transport based on traffic volume, passenger density and urban characteristics. **Methods:** Statistical processing, functional analysis, mathematical modelling, probability theory, analysis of urban passenger transport in Iraqi cities, classifying Iraqi cities by main characteristics: population density, area, level of motorization, the maximum length of the territory, analysis of passenger traffic intensity and average capacity of the rolling stock. **Results:** New boundaries of average passenger flow density intervals have been adjusted for groups of Iraqi cities, allowing for the selection of the type of UPT and its share of transportation for each type of rolling stock. A distribution of urban transport modes has been proposed, taking into account the characteristics of Iraqi cities according to their classification. **Practical significance:** The application of the developed proposals and activities allows: to justify and select the types of urban transport systems for the city of Najaf; to calculate passenger traffic on six different routes with maximum traffic for the city of Najaf; to determine the classification of rolling stock capacity series and the UPT options for Iraqi cities; to provide recommendations for the development of the transport network of Iraqi cities. The proposed distribution of urban transport modes improves public transport services and the quality of use of each mode of transport.

Keywords: Methods of improving the system of urban public transport, capacity of rolling stock, passenger flow intensity, characteristics of Iraqi cities, features of functioning of transport in Iraqi cities, classification of cities.

References

1. Dudkin E. P., Abuzhvaid H. A. M., Losin L. A. Urban Traffic Network Connectivity and Efficiency Evaluation (through the example of Iraq). Lecture Notes in Networks and Systems. International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberiayu. 2021, vol. 402, pp. 627–636.
2. Dudkin E. P., Abuzhvaid H. A. M., Sultanov N. N. Feasibility study of calculation methods for tram track stiffness. BRISS Transport. 2023, vol. 2(1). DOI: 10.46684/2023.1.3.
3. Samoylov D. S. *Gorodskoy transport. Moskva* [City transport. Moscow]. Moscow: Stroyizdat Publ., 1983, 384 p. (In Russian)
4. Safronov E. A. *Transportnye sistemy gorodov i regionov* [Transport systems of cities and regions]. M.: Izdatel'stvo Assotsiatsii stroitel'nykh vuzov Publ., 2007, 140 p. (In Russian)
5. Safronov E. A., Safronov K. Metodika optimizatsii struktury parkov podvizhnogo sostava passazhirskogo transporta [Method of optimizing the structure of passenger transport rolling stock fleets]. *Avtomobil'nyy transport* [Automobile transport]. 2002, Iss. 11, pp. 14–15. (In Russian)
6. Abuzhvaid H. A. M., Dudkin E. P. *Obosnovanie sfer primeneniya vidov transporta v gorodakh Iraka. Transport: problemy, idei, perspektivy: sbornik trudov LXXX Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh* [Substantiation of the spheres of application of modes of transport in the cities of Iraq. Transport: problems, ideas, prospects: a collection of proceedings of the LXXX All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, graduate students and young scientists]. 2020, pp. 13–16. (In Russian)
7. Dudkin E. P., Abuzhvaid H. A. M., Azab A.-D. Kh. Vybora vida gorodskogo transporta v gorode Nadzhaf (Irak) [The choice of the type of urban transport in the city of Najaf (Iraq)]. *Promyshlennyy Transport XXI vek* [Industrial Transport XXI century]. 2019, Iss. 1-2, pp. 86–89. (In Russian)
8. Dudkin E. P., Losin L. A., Abuzhvaid H. A. M. et al. *Proektirovanie sistem gorodskogo obshchestvennogo transporta: monografiya* [Designing urban public transport systems: monograph]. UMTs ZhDT, 2022. (In Russian)
9. Dudkin E. P., Abuzhvaid H. A. M., Losin L. A. *Otsenka svyaznosti i effektivnosti funktsionirovaniya ulichno-dorozhnoy seti gorodov (na primere Iraka). III Betankurovskiy mezhdunarodnyy inzhenernyy forum: sbornik trudov. V 2 tomakh. Tom 1, Sankt-Peterburg, 2–3 dekabrya 2021 goda* [Evaluation of connectivity and efficiency of functioning of the street-road network of cities (on the example of Iraq). III Betancourt International Engineering Forum: collection of works. In 2 volumes. Volume 1, St. Petersburg, December 2–3, 2021]. FGBOU VO PGUPS, 2021, 237 p., pp. 121–124. (In Russian)
10. Dudkin E. P., Chernyaeva V. A., Abuzhvaid H. A. M. Perspektivy razvitiya gorodskogo obshchestvennogo transporta Iraka [Prospects for the development of urban public transport in Iraq]. *Zhurnal o nauke, ekonomike, praktike. Transport Rossiyskoy Federatsii. Konkurentnosposobnost' transportnogo kompleksa* [Journal of science, economics, practice. Transport of the Russian Federation. Competitiveness of the transport complex]. 2020, Iss. 5(90), pp. 18–21. (In Russian)
11. Dudkin E. P., Abuzhvaid H. A. M., Losin L. A. Testirovanie effektivnosti ulichno-dorozhnoy seti gorodov (na primere Petrozavodskaya) [Testing the efficiency of the street and road network of cities (on the example of Petrozavodsk)]. *Rossiyskaya akademiya nauk Severo-Zapadnaya sektiya sodeystviya razvitiyu ekonomicheskoy nauki, Zhurnal po problemam regional'noy ekonomiki. Ekonomika Severo-Zapada: problemy i perspektivy razvitiya* [Russian Academy of Sciences North-West Section of Development Assistance economic science, Journal of Regional Economics. Economics of the North-West: problems and development prospects]. 2021, Iss. 2(65), pp. 145–150. DOI: 10.52897/2411-4588-2021-2-145-150. (In Russian)

Received: May 15, 2023

Accepted: May 31, 2023

Author's information:

Evgeny P. DUDKIN — Dr. Sci. in Engineering, Professor; ed@pgups-tempus.ru

Husam Abbas Mohsin ABUJWAID — Postgraduate Student; husamalkafai@gmail.com