

УДК 656.001.2

М. А. КИЛОЧИЦКАЯ, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРОВ

Рассматривается разработка системы планирования комплексного транспортного обслуживания пассажиров, включающая железнодорожный и автомобильный виды транспорта. В рамках данной системы разрабатываются методы сбора данных о пассажиропотоках, эффективности работы общественного транспорта, загруженности транспортных средств и других параметрах, влияющих на транспортное обслуживание. Собранные данные агрегируются и анализируются для выявления ключевых факторов, влияющих на качество и доступность транспортных услуг. Предложена методика определения параметров транспортного обслуживания населения по каждому рейсу и технико-экономической оценке маршрутов в рамках комплексного транспортного обслуживания населения железнодорожным и иными видами транспорта. На основе анализа данных применяются оптимизационные решения, направленные на улучшение транспортного обслуживания. Важным аспектом системы планирования является использование современных технологий, таких как системы мониторинга и управления транспортом, информационные и аналитические системы. Эти технологии позволяют оперативно собирать и анализировать данные, а также принимать обоснованные решения на основе актуальной информации.

**С**истема планирования комплексного транспортного обслуживания пассажиров железнодорожным и иными видами транспорта основывается на разработке методики и технологии сбора исходных данных, дальнейшего их агрегирования для принятия последующих оптимизационных решений, принимаемых на основании имеющихся параметров транспортного обслуживания населения.

К параметрам транспортного обслуживания населения в части региональных (пригородных) и городских перевозок пассажиров относятся:

- объем перевезенных пассажиров на маршруте;
- объем транспортной работы, выраженный в натуральных единицах, на маршруте;
- расходы на организацию перевозок на маршруте;
- коэффициент использования вместимости транспортных средств;
- доходы от перевозки пассажиров на маршруте;
- доходы от перевозки пассажиров за рейс;
- прибыль (убытки) от перевозки пассажиров на маршруте;
- прибыль (убытки) от перевозки пассажиров за рейс;
- относительная прибыль (убыток), приходящая(ий)ся на одного пассажира;
- относительная прибыль (убыток), приходящая(ий)ся на один рейс.

В качестве исходной базы для определения параметров транспортного обслуживания населения ис-

пользуются объем и структура перевезенных пассажиров по видам транспорта и видам сообщений между населенными пунктами региона за год, предшествующий планированию, тарифы на перевозку, количество отправленных пассажиров со станций и остановочных пунктов по маршрутам курсирования транспортного средства (поезд, автомобильное транспортное средство) за аналогичные периоды. Указанные данные предоставляет перевозчик, осуществляющий деятельность на маршруте, либо операторы железнодорожного и иных видов пассажирского транспорта.

Технология сбора исходных данных для планирования комплексного транспортного обслуживания пассажиров включает проведение мониторинга посадки и высадки пассажиров на участках полигона транспортного обслуживания. По данным мониторинга (таблица 1) необходимо сформировать таблицы численности перевезенных пассажиров отдельно по маршрутам курсирования поездов и иных транспортных средств в региональном и городском сообщениях по дням недели, также рассчитав средние доходы от проезда одного пассажира, коэффициенты использования вместимости подвижного состава и иных транспортных средств, расходы на организацию перевозки и убытки (таблица 2), значения которых необходимы в дальнейшем для заполнения сводной рейтинговой таблицы маршрутов региона.

Таблица 1 – Форма исходных данных мониторинга посадки / высадки пассажиров на / в поезда и иные транспортные средства

Наименование станции, остановочного пункта	ТС № 1			ТС № 2			...			ТС № m		
	посадка	высадка	всего	посадка	высадка	всего	посадка	высадка	всего	посадка	высадка	всего
Наименование 1	$A_{\text{пос}}^{11}$	–	$A_{\text{ТС}}^{11}$	$A_{\text{пос}}^{12}$	–	$A_{\text{ТС}}^{12}$	...	...	...	$A_{\text{пос}}^{1m}$	–	$A_{\text{ТС}}^{1m}$
Наименование 2	$A_{\text{пос}}^{21}$	$A_{\text{выс}}^{21}$	$A_{\text{ТС}}^{21}$	$A_{\text{пос}}^{22}$	$A_{\text{выс}}^{22}$	$A_{\text{ТС}}^{22}$	...	...	...	$A_{\text{пос}}^{2m}$	$A_{\text{выс}}^{2m}$	$A_{\text{ТС}}^{2m}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Наименование n	–	$A_{\text{выс}}^{n1}$	0	–	$A_{\text{выс}}^{n2}$	0	...	...	...	–	$A_{\text{выс}}^{nm}$	0

Таблица 2 – Форма таблицы численности перевезенных пассажиров по маршрутам курсирования поездов и иных транспортных средств по дням недели

Наименование станции, остановочного пункта	Расстояние между станциями, остановочными пунктами, км	Маршрут, дата получения данных									Всего по маршруту
		ТС № 1			...			ТС № m			
		посадка	высадка	всего	посадка	высадка	всего	посадка	высадка	всего	
Наименование 1	$l^{12}$	$A_{\text{пос}}^{11}$	–	$A_{\text{ТС}}^{11}$	...	...	...	$A_{\text{пос}}^{1m}$	–	$A_{\text{ТС}}^{1m}$	$A_{\text{ТС}}^1$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Наименование n	–	–	$A_{\text{выс}}^{n1}$	0	...	...	...	–	$A_{\text{выс}}^{nm}$	0	$A_{\text{ТС}}^n$
Перевезено в поезде			$A_{\text{ТС}}^1$		...				$A_{\text{ТС}}^m$		$A_{\text{ТС}}$
Вместимость, пас.			$Q_{\text{ТС}}^1$		...				$Q_{\text{ТС}}^m$		–
Кoeffициент использования вместимости			$\gamma_{\text{исп}}^1$		...				$\gamma_{\text{исп}}^m$		$\gamma_{\text{исп}}$
Доходы от проезда пассажиров, руб.			$D_{\text{ТС}}^1$		...				$D_{\text{ТС}}^m$		$D_{\text{ТС}}$
Расходы, руб.			$E_{\text{ТС}}^1$		...				$E_{\text{ТС}}^m$		$E_{\text{ТС}}$
Экономический результат работы (прибыль/убытки)			$\Pi(Y)_{\text{ТС}}^1$		...				$\Pi(Y)_{\text{ТС}}^m$		$\Pi(Y)_{\text{ТС}}$

Расходы на организацию перевозки определяются перевозчиком по конкретным маршрутам, а в случае детализации по рейсам на основании действующей системы удельных расходов или расходных ставок на перевозку, в качестве таких расходов используются затраты на организацию курсирования одного транспортного средства с учетом расстояния маршрута по территории региона [1]:

– расходы на организацию перевозки на маршруте

$$E_m = \sum_{j=1}^j n_{\text{ТС-км}}^j e_{\text{ТС-км}}^j; \quad (1)$$

– расходы на организацию рейса для перевозки пассажиров

$$E_{\text{ТС}} = n_{\text{ТС-км}}^f e_{\text{ТС-км}}^f; \quad (2)$$

где  $n_{\text{ТС-км}}^f$  – объем транспортной работы, выраженный в натуральном измерении, ваг·км, место·км и др.;  $e_{\text{ТС-км}}$  – расходная ставка или удельные расходы на организацию курсирования транспортного средства (например, для железнодорожного транспорта может использоваться расходная ставка «вагоно-километры в соответствующем сообщении»), руб.

Кoeffициент использования вместимости подвижного состава (транспортного средства)

$$\gamma_{\text{исп}} = \frac{\sum AL}{\sum al}; \quad (3)$$

где  $\sum AL$  – пассажиро-километры, выполненные транспортным средством;  $\sum al$  – предложенные место-километры.

Доходы, полученные от перевозки пассажиров на маршруте  $D_m = \sum A_{ij} c_{ij}$  предоставляет перевозчик на основании действующих форм отчетностей либо по форме, приведенной в таблице 3.

Таблица 3 – Форма по доходам от проезда пассажиров на маршрутах перевозки

Номер поезда (маршрут, рейс ТС)	Доходы от проезда пассажиров, руб.
1	$D_{\text{ТС}}^1$
2	$D_{\text{ТС}}^2$
...	...
n	$D_{\text{ТС}}^n$

При невозможности получения агрегированных значений доходов из аналитических систем работы пассажирского транспорта на основании предоставленных операторами и перевозчиками железнодорожного и иных видов пассажирского транспорта данных о стоимости проезда по участкам полигона транспортного обслуживания (таблица 4) и постанционном (поостановочном) отправлении пассажиров поездами и иными транспортными средствами (таблица 5) необходимо рассчитать доходы от проезда пассажиров на маршрутах перевозки. Исходя из полученных суммарных доходов от перевозки пассажиров всеми поездами и иными транспортными средствами на маршруте следует рассчитать средние доходы от перевозки одного пассажира на исследуемом маршруте в будние и выходные дни отдельно в прямом и обратном направлениях по видам транспорта.

Таблица 4 – Форма по стоимости проезда пассажира по участкам полигона

Стоимость проезда пассажира, руб.				
до станции, остановочного пункта	от станции, остановочного пункта			
	1	2	...	n
1	0	$c_{\text{ТС}}^{12}$	...	$c_{\text{ТС}}^{1n}$
2	$c_{\text{ТС}}^{21}$	0	...	$c_{\text{ТС}}^{2n}$
...	...	...	...	...
n	$c_{\text{ТС}}^{n1}$	$c_{\text{ТС}}^{n2}$	...	0

Таблица 5 – Форма исходных данных постанционного (поостановочного) отправления пассажиров

Станция, остановочный пункт назначения пассажира	Станция, остановочный пункт отправления пассажира			
	1	2	...	n
1	0	$A_{\text{ТС}}^{12}$	...	$A_{\text{ТС}}^{1n}$
2	$A_{\text{ТС}}^{21}$	0	...	$A_{\text{ТС}}^{2n}$
...	...	...	...	...
n	$A_{\text{ТС}}^{n1}$	$A_{\text{ТС}}^{n2}$	...	0

Доходы от перевозки пассажиров одним рейсом на маршруте

$$D_{\text{ТС}} = A_{\text{ТС}} \overline{c_{\text{пер}}^m}; \quad (4)$$

где  $A_{TC}$  – количество пассажиров, перевезенных в транспортном средстве (общий размер посадки пассажиров в транспортное средство), пас.;  $\overline{c_{пер}^M}$  – средний доход от перевозки одного пассажира на маршруте, руб.

Средний доход от перевозки одного пассажира на маршруте

$$\overline{c_{пер}^M} = \frac{\sum A_{ij} c_{ij}}{\sum A_{ij}}, \quad (5)$$

где  $\sum A_{ij} c_{ij}$  – суммарные доходы от перевозки пассажиров всеми транспортными средствами на маршруте, руб.;  $\sum A_{ij}$  – суммарное количество перевезенных пассажиров всеми транспортными средствами на маршруте, пас.;  $c_{ij}$  – тариф на перевозку в соответствии с дальностью поездки пассажира, руб.

Прибыль (убытки) от перевозки пассажиров на маршруте

$$П(У)_M = D_M - E_M. \quad (6)$$

Таблица 6 – Параметры транспортного обслуживания населения по маршрутам

Параметр	Обозначение параметра	Номер рейса (1)	...	Номер рейса (j)	В целом по маршруту
Перевезено пассажиров	$A_{TC}$				$\sum A_j$
Коэффициент использования вместимости	$\gamma_{исп}$				$\gamma_{min} \gamma_{max}$
Расходы на организацию перевозок	$E_{TC}$				$E_M$
Доходы от перевозок пассажиров	$D_{TC}$				$D_M$
Экономический результат работы	$П(У)_{TC}$				$П(У)_M$
Относительная прибыль (убыток), приходящая(ий)ся на одного пассажира	$P_{пас}$				$P_{пас}$
Относительная прибыль (убыток), приходящая(ий)ся на один рейс	$P_{TC}$				$P_{TC}$

Для выполнения технико-экономической оценки маршрутов показатели, отражающие количество перевезенных пассажиров за установленный период, доходы от перевозки пассажиров, расходы на организацию перевозок, экономический результат работы на маршруте (прибыль либо убытки), относительная прибыль (убыток) на одного пассажира, относительная прибыль (убыток) на один рейс сводятся в рейтинговые табли-

Таблица 7 – Форма сводной рейтинговой таблицы маршрутов в прямом и обратном направлениях железнодорожного и иных видов транспорта полигона транспортного обслуживания

Вид транспорта	Маршрут	Количество ОП	Количество рейсов за установленный период	$L, Q, A, \gamma_{исп}, D, E, П(У)_{TC}$	Относительный убыток на 1 пас.	Относительный убыток на 1 рейс	Рейтинг			
							по суммарным убыткам	по относительным убыткам на 1 пас.	по относительным убыткам на 1 рейс	суммарный

На первом этапе принимаются решения по оптимизации маршрутной сети на основании рейтинга, по которому устанавливаются первые 20 % маршрутов от общего количества, входящих в первые строки рейтинга по указанному показателю.

По данным маршрутам осуществляется принятие решений по отмене (сокращению размеров движения) или сохранению существующих размеров курсирования поездов, иных транспортных средств. Сокращение размеров движения осуществляется в случае, когда маршрут

Прибыль (убытки) от перевозки пассажиров одним транспортным средством

$$П(У)_{TC} = D_{TC} - E_{TC}. \quad (7)$$

Относительная прибыль (убыток), приходящая(ий)ся на одного пассажира,

$$P_{пас} = \frac{\sum_{j=1}^j П(У)_{TC}}{\sum A_j}. \quad (8)$$

Относительная прибыль (убыток), приходящая(ий)ся на один рейс,

$$P_{TC} = \frac{\sum_{j=1}^j П(У)_{TC}}{\sum n_{TC}}, \quad (9)$$

где  $\sum n_{TC}$  – количество рейсов на маршруте за установленный период.

На основании полученных результатов формируются сводные параметры транспортного обслуживания населения по каждому маршруту (таблица 6).

цы по соответствующим регионам (полигонам транспортного обслуживания) [1].

Формирование рейтинга по маршрутной сети осуществляется по балльной системе, высший рейтинг выставляется маршрутам, имеющим наибольшее значение суммарных и относительных убытков – наименьший суммарный балл рейтинга, низший рейтинг (последние строчки рейтинга) – маршрутам, имеющим прибыль и наибольший суммарный балл рейтинга (таблица 7).

имеет убытки, но с обязательным контролем обеспечения потребного уровня социальных гарантий (расчетная вместимость оставшихся транспортных средств всех видов транспорта должна обеспечивать освоение расчетного пассажиропотока).

Для принятия обоснованных решений по маршрутам, входящим в первые 20 % рейтинга, и выбора способа транспортного обслуживания населения по ним осуществляется детализация параметров транспортного обслуживания населения по каждому рейсу и производится

моделирование комплексного транспортного обслуживания пассажиров железнодорожным и иными видами транспорта в соответствии с последовательностью этапов, описанных в [2].

Детализацию параметров транспортного обслуживания населения по каждому рейсу проводит оператор одним из доступных способов:

1) использование данных из отчетных документов перевозчика (при наличии у него технической возможности);

2) экспертная оценка распределения пассажиропотоков на маршруте, выполняемая на основании регулярных обследований оператором или иной организацией по договору с оператором;

3) иные методы установления статистических закономерностей для получения достоверных данных.

По результатам установленных детализированных данных принимаются варианты оптимизационных решений по рейсам на маршрутной сети и по способу транспортного обслуживания с детализацией по рейсам, описанные в [3].

По результатам оптимизационных решений устанавливаются целевые значения параметров транспортного обслуживания: объемов перевезенных пассажиров по маршрутам, объемов транспортной работы, выраженных в натуральных единицах, прибыли (убытков) от перевозки пассажиров на маршруте.

Целевые значения параметров транспортного обслуживания устанавливаются одним из следующих способов:

– на уровне, не ниже, чем за ряд последних лет, что позволяет поддерживать стабильность и непрерывность качества обслуживания, основываясь на ретроспективных данных;

– на уровне, определенном на основе анализа системы транспортного обслуживания в других регионах Республики Беларусь или заказчиком перевозок, что дает возможность выявить лучшую практическую реализацию и перенять успешную практику других регионов;

– на уровне, соответствующем оптимальной организации транспортного обслуживания (т. е. на наивысшем возможном уровне, достижимом технологически и с учетом ресурсных ограничений);

– на уровне, определенном по результатам анализа общественного мнения и мнения экспертов (транспортных организаций, участвующих в перевозочной деятельности), который позволяет учитывать существующие потребности населения, а также профессиональные рекомендации;

– на уровне, установленном социальными стандартами и иными нормативными правовыми актами, ре-

Получено 30.10.2024

**M. A. Kilochitskaya.** Development of a comprehensive passenger transport service planning system.

The development of a comprehensive passenger transportation planning system, including both railway and automotive transport, is being considered. Within this system, methods for collecting data on passenger flows, public transport efficiency, vehicle load, and other parameters affecting transportation services are being developed. The collected data is aggregated and analyzed to identify key factors influencing the quality and accessibility of transportation services. A methodology for determining the parameters of public transportation services for each route and a techno-economic assessment of routes within the framework of comprehensive public transportation services, including railway and other types of transport, is proposed. Based on data analysis, optimization solutions aimed at improving transportation services are applied. An important aspect of the planning system is the use of modern technologies, such as monitoring and transportation management systems, information and analytical systems. These technologies allow for the prompt collection and analysis of data, as well as making informed decisions based on current information.

главляющими требованиями к параметрам транспортного обслуживания, что обеспечит соблюдение законодательных требований и социальных обязательств [4].

Целевые значения параметров транспортного обслуживания населения региона представляются форме таблицы 8.

**Таблица 8 – Целевые параметры транспортного обслуживания населения по маршрутам в регионе**

Вид транспорта	Маршрут	Объем перевозок пассажиров, тыс. пас.	Объем транспортной работы, место-км, ваг-км	Прибыль (убытки) от перевозки пассажиров, руб.

На основе установленных целевых параметров планируется комплексное транспортное обслуживание пассажиров железнодорожным и иными видами транспорта и формируется целевая модель транспортного обслуживания населения.

Таким образом, внедрение системы планирования комплексного транспортного обслуживания пассажиров позволит создать эффективную и удобную транспортную систему, способную удовлетворить потребности населения и обеспечить высокий уровень качества транспортных услуг.

#### Список литературы

1 Техничко-экономические условия формирования государственного заказа на основе комплексного плана транспортного обслуживания населения в регионе / Е. А. Федоров [и др.] // Транспорт в интеграционных процессах мировой экономики : материалы V Междунар. науч.-практ. онлайн-конференции, Гомель, 26 апреля 2024 года. – Гомель : БелГУТ, 2024. – С. 59–61.

2 Ерофеев, А. А. Комплексное транспортное обслуживание пассажиров / А. А. Ерофеев, М. А. Ключицкая // Железнодорожный транспорт. – 2024. – № 10. – С. 16–20.

3 Апробация принципов комплексного планирования транспортного обслуживания населения регионов Республики Беларусь / Е. А. Федоров [и др.] // Инновационное развитие транспортного и строительного комплексов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию БелИИЖТа – БелГУТа, Гомель, 16–17 ноября 2023 года. В 2 ч. Ч. 2. – Гомель : БелГУТ, 2023. – С. 274–276.

4 Сакович, И. Л. Экономическое обоснование вариантов интеграции железнодорожных перевозок в транспортные системы городских агломераций : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / И. Л. Сакович. – СПб., 2018. – 174 с.