

УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫМ РЕСУРСОМ АВТОБУСОВ НА ЛИНИИ КОЛЬЦЕВОГО МАРШРУТА

Волков В. С.¹, Сурхаев Г. М.², Магомедов В. К.²

¹ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия Минобрнауки России», Воронеж, Россия (394087, Воронеж, ул. Тимирязева, 8), e-mail: auto@vglta.vrn.ru

²Махачкалинский филиал ФГБОУ ВПО Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) Минобрнауки России, Махачкала, Россия (367026, Республика Дагестан, Махачкала, пр. Акушинского, 13), e-mail: madi1p2@mail.ru

Представлены общие и конкретные сведения об особенностях организации и управления работой автобусов на линии кольцевого маршрута. Осуществлён расчёт необходимого количества автобусов и его согласование с возможностями автотранспортного предприятия. Предложена формула для расчёта снижения эффекта несоответствия количества автобусов на линии фактически необходимому их количеству, соответствующему изменившемуся пассажиропотоку. Изменение пассажиропотока учитывается по часам суток, дням недели, месяцам, а также другим постоянным и временным факторам. Учёт колебаний эксплуатационной скорости движения автобусов осуществляется посредством коэффициента неравномерности скоростного режима. Предложена схема определения суммарного пассажиропотока на начальном и последующих километрах маршрута, позволяющая определять оптимальное количество автобусов на маршруте с учётом известных входных постоянных и временных факторов. Использование предложенной расчётной схемы позволяет осуществлять более качественное оперативное управление транспортным ресурсом автобусов на линии по существующим управленческим параметрам.

Ключевые слова: организация, управление, перевозка.

MANAGEMENT OF THE TRANSPORT-RESOURCE OF THE BUSES TO THE LINE OF THE HOOP ITFNERARY

Volkov V. S.¹, Surhaev G. M.², Magomedov V. K.²

¹Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education "Voronezh State Academy of Forestry and Technologies", Russia (394087, Voronezh, street Timirazeva, 8), e-mail: auto@vglta.vrn.ru

²Makhachkala Branch of Federal State Budgetary Educational Institution Higher Professional Education of Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI), Makhachkala, Russia (367026, Makhachkala, street Akushinsky, 13) e-mail: madi1p2@mail.ru

Provides general and specific information about the features of organization and management of the work in line bus route ring. Performed the calculation of the necessary number of buses and to align it with the possibilities of motor transport enterprise. The formula for calculating the effect of reducing the number of discrepancies in the line of buses factor cally necessary number corresponding to the changed passenger traffic. Change of traffic flow is taken into account by the hour of day, day of week, month, and other permanent and temporary factors. Adjusting the operational speed of autobuses carried out by the coefficient of irregularity of speed limits. A scheme for determining the total passenger traffic at the initial and follow-km route, which allows to determine the optimal number of buses on the mar-sruti based on the known permanent and temporary factors. Using the proposed design scheme allows for better operational control of resource transport buses on the line to existing management options.

Keywords: organization, management, transportation.

Как показывает практика работы автотранспортных предприятий, расчётная величина необходимого количества автобусов, как правило, не соответствует реальным возможностям автотранспортного предприятия. В связи с этим при управлении пассажирскими перевозками приходится корректировать данную величину в сторону уменьшения и в то же время по возможности обеспечивать относительно равные условия проезда пассажиров на наиболее напряжённых участках.

Классический расчёт необходимого количества автобусов на маршруте производится по времени наибольшего спроса на участке максимального пассажиропотока

$$A_p = \frac{R_{\max} \cdot t_{об}}{60q}, \quad (1)$$

где A_p – расчётное количество автобусов на маршруте в период наибольшего спроса;

R_{\max} – максимальный часовой пассажиропоток на наиболее наполненном участке маршрута;

$t_{об}$ – время оборотного рейса;

q – пассажироместимость автобуса.

Обычно такая корректировка осуществляется посредством коэффициента дефицита

$$K_{\delta} = \frac{A_{\phi}}{A_p}, \quad (2)$$

где A_{ϕ} – фактическое количество технически годных к эксплуатации автобусов в АТП.

Теоретически данный коэффициент может быть больше единицы, однако, в современных экономических условиях работы АТП он всегда меньше единицы из-за дефицита автобусов.

Анализ дискретно-временных диаграмм распределения потребности в подвижном составе по часам суток на одном маршруте показывает значительный разброс данных.

Для эффективного управления транспортным ресурсом автобусов на линии необходим анализ на каждой стадии транспортного ресурса. Авторы [1], [2] определяют транспортный ресурс автобусов в составе трёх стадий: «Информация» – «Расчёт» – «Перевозка».

На первой стадии управленческие решения направляются на получение наиболее достоверной информации о пассажиропотоке, транспортных и дорожных условий.

На стадии расчёта необходимо, чтобы расчётная модель как можно точнее соответствовала реальному процессу перевозки. На третьей стадии необходимо оперативное диспетчерское управление.

Для снижения эффекта несоответствия количества автобусов на линии фактически необходимому, требуется производить расчёт по формуле (1) в соответствии с изменением пассажиропотока. При этом необходим учёт того, что пассажиропоток резко изменяется по ча-

сам суток, дням недели, временам года и т.д., что усложняет процесс управления. В качестве основной характеристики таких изменений пассажиропотока может быть использован коэффициент неравномерности

$$K_n = \frac{R_{\max}}{R_{cp}}, \quad (3)$$

где R_{\max} и R_{cp} – соответственно максимальный и средний часовой пассажиропоток.

По данным [3], коэффициент K_n изменяется в пределах: по месяцам $K_n = 1,1 \dots 1,2$; по дням недели $K_n = 1,15 \dots 1,2$; по часам суток $K_n = 1,5 \dots 2$; по направлениям движения транспорта $K_n = 1,2 \dots 1,5$.

Колебания пассажиропотока происходят под влиянием постоянных и временных факторов. К постоянным факторам относятся: время начала и окончания работы предприятий, учебных заведений, организаций культурно-бытовых мероприятий, режимов работы других видов транспорта. К временным факторам относятся разовые мероприятия типа спортивных соревнований, митингов, выставок, ярмарок и т.п. Исходя из этого, для эффективного управления пассажирским транспортным процессом необходимо систематическое получение информации об изменении пассажиропотоков.

Для получения сведений о пассажиропотоках на маршрутах используются известные методы обследования: табличный, опросный, анкетный, визуальный. В современных условиях приобретают распространение системы автоматического учёта пассажиров. Для этого над каждой дверью салона автобуса устанавливаются датчики, соединяемые с бортовым контроллером. Наибольшее распространение в РФ получила система IRMA-A-B2 [5], которая в сочетании с системой спутниковой навигации передаёт информацию о текущем пассажиропотоке в узел диспетчерского управления. Это позволяет осуществлять управление транспортным ресурсом в режиме реального времени.

Значительное влияние на движение пассажирского транспорта оказывают светофоры, пешеходные переходы, транспортные заторы, ширина проезжей части, состояние дорожного покрытия. Данные факторы являются причинами снижения эксплуатационной скорости движения автобусов относительно расчётной. Как было установлено, колебания фактической эксплуатационной скорости автобусов могут изменяться более чем в 2,5 раза. Учёт таких колебаний целесообразно осуществлять посредством коэффициента неравномерности скоростного режима

$$\theta = \frac{V_{\phi}}{V_p}, \quad (4)$$

где V_{ϕ} и V_p – соответственно фактическая и расчётная скорости движения автобусов.

Как было установлено, на некоторых маршрутах транспорта коэффициент неравномерности скоростного режима автобусов находится в пределах $\theta = 0,4 \dots 1,8$. Учёт текущей скорости движения автобусов на участках маршрута существенно влияет на их распределение на маршруте по часам суток.

В зависимости от текущей скорости на маршруте, такой учёт позволяет более оперативно осуществлять управление транспортным ресурсом, компенсируя недостаток автобусов на данном маршруте за счёт их перераспределения с менее загруженных маршрутов, а избыток – переадресовать на другие, более загруженные маршруты, либо увести в резерв или обслужить разовые заявки на перевозки. При этом в автотранспортном предприятии должна создаваться электронная база данных о каждом маршруте, содержащая данные о характеристике дорожных условий, интенсивности транспортного потока по часам суток и дням недели, вероятности возникновения заторов и других показателей, влияющих на состояние перевозочного процесса. Это позволяет более точно определять расчётную скорость движения автобусов и их оптимальное количество на маршруте, на основании чего возможно принятие и реализация целенаправленных управленческих решений.

С учётом неравномерности пассажиропотока при управлении транспортным ресурсом на маршруте в качестве основной задачи выступает определение количества автобусов, обеспечивающих требуемый уровень обслуживания пассажиров на наиболее загруженном участке маршрута α .

При этом в качестве исходных данных выступают маршруты транспортной сети $\alpha = 1, L$, матрицы корреспонденций каждого маршрута $\lambda_\alpha = \|\lambda_{\alpha ij}\|$, характеристики транспортного ресурса. С учётом специфики работы городского пассажирского транспорта учёт пассажиропотока целесообразно приводить к участкам между остановками средней длины 1 км. Тогда расчётная схема движения автобусов по кольцевому маршруту с N участками может быть представлена в следующем виде.

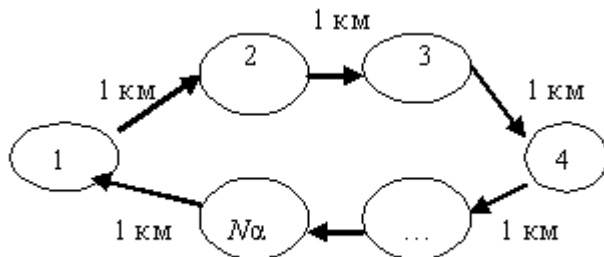


Рис. 1. Схема кольцевого маршрута

Тогда суммарный пассажиропоток λ на первом километре маршрута

$$\lambda_{1\alpha}^{\Sigma} = \lambda_{12\alpha} + \lambda_{13\alpha} + \dots + \lambda_{1N\alpha} = \sum_{j=2}^{N_{\alpha}} \lambda_{1j\alpha} \quad (5)$$

Суммарный пассажиропоток на втором километре маршрута с учётом выходящих и входящих пассажиров

$$\begin{aligned} \lambda_{2\alpha}^{\Sigma} &= (\lambda_{1\alpha}^{\Sigma} - \lambda_{12\alpha}^{\Sigma}) + (\lambda_{23\alpha} + \lambda_{24\alpha} + \dots + \lambda_{2N_{\alpha}\alpha}) + \lambda_{21\alpha} = \left(\sum_{j=2}^{N_{\alpha}} \lambda_{1j\alpha} \right) - \lambda_{12\alpha} + \left(\sum_{j=3}^{N_{\alpha}} \lambda_{2j\alpha} \right) + \lambda_{21\alpha} = \\ &= \left(\sum_{j=3}^{N_{\alpha}} \lambda_{1j\alpha} \right) + \left(\sum_{j=3}^{N_{\alpha}} \lambda_{2j\alpha} \right) + \lambda_{21\alpha} = \sum_{j=3}^{N_{\alpha}} (\lambda_{1j} + \lambda_{2j}) + \lambda_{21\alpha} \end{aligned} \quad (6)$$

Таким же образом можно рассчитать суммарный пассажиропоток на третьем километре маршрута

$$\begin{aligned} \lambda_{3\alpha}^{\Sigma} &= (\lambda_{2\alpha}^{\Sigma} - \lambda_{13\alpha} - \lambda_{23\alpha}) + \left(\begin{matrix} \lambda_{34\alpha} + \lambda_{35\alpha} + \dots + \\ \lambda_{3N_{\alpha}\alpha} \end{matrix} \right) + \lambda_{31\alpha} = \left(\sum_{j=3}^{N_{\alpha}} (\lambda_{1j\alpha} + \lambda_{2j\alpha}) - \lambda_{13\alpha} - \lambda_{23\alpha} \right) + \lambda_{21\alpha} \\ &+ \left(\sum_{j=4}^{N_{\alpha}} \lambda_{3j\alpha} \right) + \lambda_{31\alpha} = \sum_{j=4}^{N_{\alpha}} (\lambda_{1j\alpha} + \lambda_{2j\alpha}) + \left(\sum_{j=4}^{N_{\alpha}} \lambda_{3j\alpha} \right) + \lambda_{21\alpha} + \lambda_{31\alpha} = \\ &\sum_{j=4}^{N_{\alpha}} (\lambda_{1j\alpha} + \lambda_{2j\alpha} + \lambda_{3j\alpha}) + \lambda_{21\alpha} + \lambda_{31\alpha} = \sum_{j=4}^{N_{\alpha}} \sum_{i=1}^3 \lambda_{ij\alpha} + \sum_{i=2}^3 \lambda_{i1\alpha} \end{aligned} \quad (7)$$

На основании формул (5), (6) и (7) с использованием принципа математической индукции можно определить выражение для определения суммарного пассажиропотока λ_{Σ} на участке маршрута α между m и $m+1$ километрами

$$\lambda_m^{\Sigma} = \sum_{j=m+1}^{N_{\alpha}} \sum_{i=1}^m \lambda_{ij\alpha} + \sum_{i=2}^m \lambda_{i1\alpha} \quad (8)$$

Суммарный пассажиропоток на отрезке маршрута между N километром и конечной остановкой

$$\lambda_{N_{\alpha}\alpha}^{\Sigma} = \lambda_{21\alpha} + \lambda_{31\alpha} + \dots + \lambda_{N_{\alpha}1\alpha} = \sum_{i=2}^N \lambda_{i1\alpha} \quad (9)$$

На основании формул (8) и (9) можно получить формулу для расчёта суммарного пассажиропотока λ_{Σ} на отрезке маршрута α между m километром и любым последующим километровым участком m^*

$$\lambda_{m\alpha}^{\Sigma} = \begin{cases} \sum_{j=m+1}^{N_{\alpha}} \sum_{i=1}^m \lambda_{ij\alpha} + \sum_{i=2}^m \lambda_{i1\alpha}, \text{ for } \dots m < N_{\alpha} \\ \sum_{i=2}^{N_{\alpha}} \lambda_{i1\alpha}, \text{ for } \dots m = N_{\alpha} \end{cases} \quad (10)$$

Километровый участок m^* , следующий за километровым участком m , определяется на основании следующей формулы

$$m^* = \begin{cases} m = 1, \text{ for } \dots m < N_\alpha, \\ 1, \text{ for } \dots m = N_\alpha. \end{cases} \quad (11)$$

Максимальный суммарный пассажиропоток, формирующийся на наиболее загруженном участке маршрута α транспортной сети

$$\lambda_{\alpha \max} = \max \{ \lambda_{m\alpha}^\Sigma \} \quad \text{для } m = 1, N. \quad (12)$$

Тогда формула (1) для определения оптимального количества автобусов для i -го часа наряда на маршруте α принимает вид:

$$A_{pч} = \frac{\lambda_{\alpha \max} L_{об}}{60qV_{ч}}, \quad (13)$$

где $L_{об}$ – длина оборотного рейса, км; q – пассажироместимость автобуса, чел. $V_{ч}$ – фактическая скорость движения автобуса для i -го часа, км/ч.

На основании полученной формулы можно определить выражение для определения интервала движения автобусов

$$I_{pч} = \frac{60t_{об}}{A_{pч}} = \frac{60L_{об}}{A_{pч}V_{ч}}. \quad (14)$$

Использование формул (13) и (14) позволяет осуществлять более качественное оперативное управление транспортным ресурсом автобусов на линии по следующим управленческим параметрам:

1. Сравнивать расчётное количество автобусов с имеющимся их количеством в транспортном предприятии и принимать соответствующие решения.
2. Назначать оптимальный интервал движения автобусов, обеспечивающий сочетание интересов транспортного предприятия и пассажиров для каждого часа наряда.
3. При малом интервале движения и большом расчётном количестве автобусов принимать решение об использовании подвижного состава другой пассажироместимости.
4. Принимать решения с учётом влияния скорости движения автобусов на маршруте и длины оборотного рейса.
5. Принимать решения по увеличению или уменьшению наполняемости автобусов.

Перечисленные меры позволяют:

- сократить количество отказов в перевозке из-за чрезмерного наполнения автобуса;
- сократить затраты транспортного предприятия на перевозочный процесс;
- повысить качество обслуживания пассажиров при обеспечении надлежащего уровня безопасности перевозок.

Список литературы

1. Болдин К. В. Управленческие решения: Учебник [Текст] / К. В. Болдин, С. Н. Воробьев, В. Б. Уткин. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К^о», 2005. – 496 с.
2. Волков В. С. Особенности организации и управления работой маршрутных такси по заявкам [Текст] / В. С. Волков // Вестник Воронежского государственного технического университета ISSN 1729-6501. – Т. 5, № 10. – 2009. – С. 69-71.
3. Волков В. С. Применение спутниковых систем для оперативного управления на городском транспорте [Текст] / В. С. Волков, М. Ж. Еркнапешян, В. А. Зеликов, Р. А. Кораблёв / Автомобильный транспорт в 21 веке: Сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Нижний Новгород, 18 – 19 декабря 2008. – С. 38-40.
4. Волков В. С. Достоинства и недостатки системы оперативного управления пассажирского транспорта г. Воронежа [Текст] / В. С. Волков, М. Ж. Еркнапешян, В. А. Зеликов, А. Ж. Еркнапешян // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте: Межвузовский сборник научных трудов. Вып. 3; Фед. агентство по образованию, ГОУ ВПО «ВГЛТА». – Воронеж, 2008. – С.208- 211.
5. Постолиит А. Повышение эффективности пассажирских перевозок при использовании комплексного бортового оборудования [Текст] / А. Постолиит, М. Габлин // Автомоб. транспорт. – 2005, № 4. – С. 38-41.

Рецензенты:

Афоничев Дмитрий Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой ремонта машин Воронежского агроуниверситета Министерства сельского хозяйства России, г. Воронеж.

Посметьев Валерий Иванович, доктор технических наук, заведующий кафедрой производства, ремонта и эксплуатации машин Воронежской государственной лесотехнической академии, г. Воронеж.