

УДК 656.13.072

ФОРМИРОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ МАРШРУТОВ
ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

Гукетлев Э.Ю., Белокуров В.П., Бусарин Э.Н., Кораблев Р.А.,
Панов А.В., Перегудов В.Ю.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»

Email: busarin.eduard@mail.ru

Аннотация: Рассмотрен вопрос эффективности формирования рациональной схемы маршрутов движения городского пассажирского транспорта с учетом структуры и провозной способности входящих в нее маршрутов.

Ключевые слова: пассажирский транспорт, маршрут движения, подвижной состав, маршрутная сеть, корреспонденции.

THE FORMATION OF A RATIONAL SCHEME OF ROUTES
OF CITY PASSENGER TRANSPORT

Guketlev E.Yu., Belokurov V.P., Busarin E.N., Korablev R.A.,
Panov A.V., Peregudov V.Yu.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Voronezh State
University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov"

Summary: The question of efficiency of formation of the rational scheme of routes of the movement of city passenger transport taking into account structure and carrying capacity of the routes entering into it is considered.

Keywords: passenger transport, route, rolling stock, route network, correspondence.

Эффективность функционирования маршрутной системы городского пассажирского транспорта (ГПТ) во многом зависит от структуры маршрутной схемы (МС), т.е. от провозных возможностей и трасс входящих в нее маршрутов. Наиболее оптимальным способом формирования и совершенствования маршрутных схем для крупных городов являются эвристические алгоритмы, реализуемые на ЭВМ [1-3].

Методика формирования оптимальной схемы маршрутов, на которой ос-

нован алгоритм, позволяет учесть особенности функционирования ГПТ рассматриваемой категории городов и получить решение, повышающее качество обслуживания пассажиров и эффективность работы транспорта.

Предполагается, что задача формирования рациональной МС ГПТ заключается в достижении минимального значения целевой функции:

$$W_T \rightarrow \min, \quad (1)$$

где W_T - фактическая транспортная работа.

Обоснуем вид целевой функции для формирования рациональной совокупности маршрутов. Основной задачей пассажирского транспорта является наиболее полное и качественное удовлетворение потребностей населения в передвижениях. Качество обслуживания пассажиров определяется набором показателей, в который входят время передвижения t_n , коэффициент использования пассажироместимости Y_a и коэффициент пересадочности K_n . Рассмотрим, какое влияние окажет на них выполнение целевой функции. При известной матрице корреспонденций транспортная работа будет тогда минимальна, когда все передвижения осуществляются по кратчайшим расстояниям между пунктами отправления и прибытия, т.е. при $W_T \rightarrow \min$ средняя дальность поездки $L_c \rightarrow \min$. Так как решение задачи маршрутизации не оказывает влияния на сложившиеся в городе скорости сообщения между транспортными районами, то можно принять скорость сообщения $V_c = \text{const}$. Так как среднее время следования пассажира определяется отношением $t_c = \frac{L_c}{V_c}$, то минимизации L_c ведет к минимизации t_c . Время ожидания транспорта в основном определяется интервалами движения транспорта на маршрутах и количеством пересадок, характеризуемым коэффициентом пересадочности [4, 5]. В решаемую задачу коэффициент пересадочности входит в качестве ограничения, т.е.:

$$K_{n2} \leq K_{n1}, \quad (2)$$

где K_{n2} – коэффициент пересадочности проектируемой МС; K_{n1} – коэффициент пересадочности существующей МС.

Выполнение этого ограничения обеспечивается методикой отбора маршрутов в рациональную их совокупность. При неизменном количестве подвиж-

ного состава (ПС) и общем сокращении длины маршрутной сети время ожидания пассажирами ПС не может потерпеть значительных сравнимых с сокращением времени следования изменений. Так как время подхода к остановкам не меняется при решении задачи маршрутизации на уже существующей транспортной сети, то минимизация времени следования ведет к сокращению времени передвижения.

Показатель использования пассажироместимости автобуса γ_a определяется как отношение выполненной транспортной работы к предоставленной за этот же период потенциальной транспортной работе G

$$\gamma_a = \frac{W}{G}, \quad (3)$$

Так как величина потенциальной транспортной работы в утренние часы пик определяется максимальными возможностями транспортных предприятий и должна остаться неизменной, то минимизация w ведет к минимизации γ_a , т.е. к повышению качества обслуживания пассажиров, уменьшению транспортной утомляемости с вытекающими из этого благоприятными последствиями.

Для достижения поставленной цели маршруты ГПТ должны проходить по кратчайшим расстояниям, соединяющим конечные остановочные пункты маршрутов, что при соответствующем назначении подвижного состава на маршруты обеспечит максимальное равенство условий передвижения по маршрутам, и любое отклонение пути следования пассажира от кратчайшего приведет к ухудшению условий проезда на этом пути. Таким образом, создается саморегулируемая система, обеспечивающая соответствие предполагаемого выбираемому пассажиром пути следования.

Для реализации поставленной задачи разработан эвристический алгоритм, который в укрупнённом виде можно представить в виде следующих этапов:

Этап 1. Формирования множества возможных маршрутов, отвечающих следующим требованиям:

- конечные остановочные пункты маршрутов принадлежат множеству разрешенных для организации конечных пунктов соответствующего вида транспорта номеров транспортных районов;
- длина маршрута находится в технологически допустимых пределах;
- множество номеров района, через который проходит маршрут, находится на пути, длина которого отвечает условию

$$L_m \leq L_{min}(1+\varepsilon), \quad (4)$$

где L_m – длина рассматриваемого пути между конечными остановочными пунктами; L_{min} – длина кратчайшего пути между конечными остановочными пунктами; ε – относительная погрешность определения расстояния при составлении топологической схемы города.

При этом множество звеньев, соединяющих смежные районы на пути прохождения маршрутов, должны принадлежать множеству звеньев, по которым разрешено движение рассматриваемого вида транспорта.

Этап 2. Формирование матрицы корреспонденции с пересадками на метрополитен. Матрица формируется на основе множества возможных маршрутов. Просматриваются возможные пути следования между каждой парой транспортных районов. При отсутствии прямого маршрута, соединяющего какую-либо пару районов, отыскивается путь, имеющий минимальное количество пересадок. Отыскиваются звенья, не обеспеченные маршрутом из числа возможных. Полученная информация анализируется экспертом, и выдаются рекомендации конечных остановочных пунктов того или иного вида транспорта. Если организация таких пунктов возможна, то меняются исходные данные (вводятся дополнительные номера зон, разрешенных для организации конечных пунктов маршрутов; расчет повторяется, начиная с этапа 1). Если такой возможности нет, то в число возможных вводятся действующие маршруты или экспертно-назначенные, и расчет повторяется, начиная с этапа 2 [6-8].

Этап 3. Распределение подвижного состава на маршрутах. Первоначально задается распределение подвижных единиц пропорционально объему обслуживаемых им корреспонденций [9]. Определяется выполняемая на маршруте транспортная работа в максимально загруженном направлении.

Далее определяется удельная транспортная работа как отношение выполняемой в максимально загруженном направлении транспортной работы к количеству пассажиромест на маршруте [10-12]. Перераспределяются подвижные единицы с наиболее загруженных маршрутов на малозагруженные, и расчет повторяется снова.

Маршруты, вышедшие за рамки установленных ограничений интенсивности движения I ($I_m > I_{max}$), прекращают свое существование, и расчет продолжается до тех пор, пока все оставшиеся маршруты не будут в равной степени (в рамках транспортной системы города и каждого вида транспорта) обеспе-

чены подвижным составом.

Полученные в результате расчета маршруты отвечают предъявленным к ним требованиям, а маршрутная сеть в целом обеспечивает оптимальное значение целевой функции.

Следующим этапом совершенствования МС является выработка рекомендаций по изменению существующей схемы. Рекомендации разрабатываются совместно с работниками служб эксплуатации транспортных предприятий, осуществляющих перевозку пассажиров города. Основой для их разработки служит сравнение существующей и предлагаемой схем маршрутов. Из сравнения и учета пожеланий и замечаний практических работников определяются мероприятия, направленные на организацию рациональной схемы маршрутов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Белокуров, С. В. Оптимизация многоцелевых транспортных задач при использовании алгоритма анализа и отсева на итерациях поиска решений [Текст] / С. В. Белокуров, В. П. Белокуров // Транспорт : наука, техника, управление. Научный информационный сборник, ВИНТИ РАН, № 6. – 2009. С. 2-4.

2 Белокуров, В. П. Принятие решений для эффективного управления транспортными системами на основе ситуаций выбора [Текст] / В. П. Белокуров, С. В. Белокуров, С. В. Скрыль // Транспорт : наука, техника, управление. Научный информационный сборник ВИНТИ РАН, № 2. – 2010. – С. 6-12.

3 Белокуров, В. П. Модели управления автотранспортными потоками (на примере деятельности подразделений ГИБДД МВД России) [Текст] / С. В. Белокуров, С. В. Скрыль – Воронеж : Изд-во ВИ МВД России 2011. – 265.

4 Белокуров, В. П. Моделирование рациональной маршрутной транспортной сети крупных городов [Текст] / Transpiration Research Procedia 20 (2017), 47-52.

5 Глебов, Н. И. Методы оптимизации [Текст] / Н. И. Глебов, А. Ю. Кочетов, А. В. Плясунов // Новосибирск: НГУ, 2000. – 105 с.

6 Гнедин, А. В. Эффективная остановка на Парето – оптимальном варианте [Текст] / А. В. Гнедин // Автоматика и телемеханика, 1983. – № 3, – С.87-95.

7 Подиновский, В. В. Парето – оптимальные решения

многокритериальных задач [Текст] / В. В. Подиновский, В. Д. Ногин // М. : Наука, 1982, – 250 с.

8 Белокуров, С. В. Особенности модели оптимального управления процесса отсева решений на базе синтеза теории выбора в транспортных системах [Текст] / С. В. Белокуров, С. В. Скрыль. В. П. Белокуров // Транспорт. Наука, техника, управление: научн. и информ. сб. РАН, – Москва: ВИНТИ. – 2010. – № 1. – С. 5-9.

9 Белокуров, В. П. Повышение эффективности эксплуатации автотранспорта при осуществлении сезонных пассажирских перевозок в городах курортных зон [Текст] / Technology of wheeled and tracked machines/Review-analytical and scientific- technical. – 2015. – № 3 (19). – С. 25-33.

10 Hibbs, J. (2000) / Transport policy: The myth of integrated planning. London: The institute of economic affairs, 111 p.

11 Kaufmann A., Gupta, M.M. (1998). Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science. Amsterdam: North-Holland, 195 p.

12 Shen. X. Mathematical Modeling and Multiobjective Evolutionary Algorithms Applied to Dynamic Flexible Job Shop Scheduling Problems / X. Shen. X. Yao//Information Sciences. – 2015. – Vol. 298. – pp. 198-224.