

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ПАРКА И РАСПИСАНИЯ РАБОТЫ АВТОБУСОВ НА ПРИГОРОДНЫХ СЕЗОННЫХ МАРШРУТАХ г. ОРЕНБУРГА

Обозначена социальная значимость и определены причины убыточности пригородных сезонных маршрутов. Разработана методика оптимизации структуры парка и расписания работы автобусов на пригородных сезонных маршрутах. По результатам обследования пассажиропотоков на пригородных сезонных маршрутах города Оренбурга получены данные, необходимые для практической реализации разработанной методики.

Ключевые слова: автомобильные перевозки, пригородные сезонные маршруты, структура парка, расписание работы автобусов, объем перевозок.

Транспортная инфраструктура городов включает в свой состав множество элементов, одним из которых является сеть пригородных сезонных маршрутов, обслуживающих садовые товарищества. Данные маршруты, как правило, являются убыточными и, ввиду их высокой социальной значимости, датируются из бюджетов разных уровней. Факторы, определяющие убыточность перевозок по пригородным сезонным маршрутам [1, 2], и их численные значения, определенные для города Оренбурга представлены в таблице 1.

Для снижения финансовой нагрузки на бюджет муниципальных образований и субъектов федерации, что особенно актуально в период кризиса, целесообразно выполнить оптимизацию данного вида перевозок, которая заключается в определении рациональной структуры подвижного состава, его численности, а так же в составлении гибких графиков движения

автобусов в зависимости от пассажиропотоков на различных маршрутах.

Методы оптимизации структуры парка в той или иной степени рассмотрены в работах В.А. Гудкова, Л.Б. Миротина, А.В. Вельможина, С.А. Ширяева, А.И. Петрова, В.Н. Карнахова, Я.И. Шефтера и других авторов [1, 2]. В большинстве работ структура парка рассматривается, как одна из составляющих, определяющих эффективность работы АТП, при этом перевозочный процесс рассматривается в обобщенном виде без учета особенностей эксплуатации транспортных средств.

Объем компенсационных выплат, производимых из бюджетов муниципальных образований, определяется, как разница между суммой расходных и доходных статей при выполнении данных видов перевозок. Структура затратных статей отражена на схеме, представленной на рисунке 1.

Анализ расчетных выражений каждой из затратных статей [3] позволил вывести обобщенную итоговую формулу расчета суммарных затрат на выполнение пассажирских перевозок по пригородным сезонным маршрутам.

Применение данной формулы в отношении конкретных моделей автобусов позволяет существенно упростить ее и привести к следующему виду:

$$Z_{\Sigma} = aL_{OB}N_{OB} + b, \quad (1)$$

где a – коэффициент, определяющий объем текущих затрат;

L_{OB} – длина оборота, км;

N_{OB} – количество оборотов за расчетный период;

b – коэффициент, определяющий объем постоянных затрат и амортизационных отчислений.

Таблица 1. Сравнительный анализ факторов, определяющих убыточность перевозок

Показатель	Вид перевозок	
	Городские маршруты	Пригородные сезонные маршруты
Средний коэффициент наполнения салона	0,5 – 0,8	0,5
Среднее соотношение объемов перевозок в прямом и обратном направлениях	0,7 – 1	0,2 – 0,5
Средний коэффициент сменяемости салона за рейс	3 – 4	1
Средняя длина ездки одного пассажира, км	5 – 7	10 – 15
Сезонные колебания объемов перевозок, %	10 – 15	100
Тариф, руб.	10	10

Доход за тот же расчетный период зависит от действующего тарифа и объема перевозок.

При фиксированном тарифе, применительно к конкретной модели автобуса данное выражение приобретает вид:

$$D_{\Sigma} = c N_{\text{об}} \bar{\gamma}, \quad (2)$$

где c – постоянный коэффициент, определяемый действующими тарифами и пассажироместностью рассматриваемой модели автобуса;

$\bar{\gamma}$ – средний коэффициент наполнения салона.

Для определения соотношения доходных и расходных статей определяется коэффициент рентабельности перевозок, который вычисляется по формуле:

$$K_p = \frac{D_{\Sigma}}{Z_{\Sigma}} = Z \frac{\bar{\gamma}}{L_{\text{об}}}, \quad (3)$$

где Z – постоянный коэффициент, определяемый моделью транспортного средства и продолжительностью садоводческого сезона.

Таким образом, получено выражение, позволяющее сравнить эффективность эксплуатации различных моделей автобусов, эксплуатируемых на маршрутах с заданной длиной оборота и заданными параметрами пассажиропотока.

Очевидно, что максимальная рентабельность перевозок обеспечивается при максимально-возможном коэффициенте наполнения салона. Следовательно, целевой функцией оптимизации перевозочного процесса является получение максимально-возможного коэффициента рентабельности. Формула для расчета среднего за оборот коэффициента вместимости салона имеет вид:

$$\bar{\gamma} = \frac{ОП_{\text{ПРЯМ}} + ОП_{\text{ОБР}}}{2ПВ_A}, \quad (4)$$

где $ОП_{\text{ПРЯМ}}$ и $ОП_{\text{ОБР}}$ – объем перевозок в прямом и обратном направлении, соответственно, пас.

Исходя из формулы 4, определены факторы, влияющие на коэффициент наполнения салона, а, следовательно, и на коэффициент рентабельности перевозок. Такими факторами являются объем перевозок за оборот и пассажироместность автобуса. Объем перевозок за оборот может изменяться за счет корректирования графика движения автобусов на линии. Пассажироместность изменяется за счет подбора модели автобуса. Выявлено так же огра-



Рисунок 1. Структура затрат на выполнение перевозок по пригородным сезонным маршрутам

нение целевой функции: объем перевозок за оборот не должен быть больше пассажироместности автобуса.

Для практического определения оптимальных параметров перевозочного процесса на пригородных сезонных маршрутах разработана методика определения оптимальной структуры парка подвижного состава и расписания работы автобусов. Методика реализована в виде алгоритма, блок-схема которого представлена на рисунке 2.

Для практической реализации разработанной методики экспериментально выявлены закономерности, характеризующие изменение пассажиропотоков с максимально-возможной детализацией в течение всего садоводческого сезона. В 2009 году проведено комплексное обследование представительной выборки пригородных сезонных маршрутов. Объем выборки (12 маршрутов) определен исходя из предварительно определенной выборочной дисперсии процентного распределения пассажиропотоков на различных маршрутах в течение суток и среднего значения предельно-допустимой ошибки 10 %.

Получение зависимостей основывается на следующих гипотезах:

а) совокупность пригородных сезонных маршрутов является однородной, и для нее справедливы единые законы распределения пассажиропотоков;

б) законы распределения пассажиропотоков в течение садоводческого сезона не зависят от количества садовых участков, входящих в массив, обслуживаемый маршрутом, а определяются лишь временным интервалом и погодными условиями;

в) ухудшение погодных условий, выражаемое в снижении температуры воздуха, увеличении количества выпадающих осадков и повышении скорости ветра приводит к снижению

пассажиропотоков, но данное снижение нельзя учитывать при долгосрочном планировании перевозок, так как долгосрочный прогноз погоды не обладает необходимой точностью.

Предварительное заключение об однородности совокупности рассматриваемых маршрутов сделано на основе анализа таких их параметров, как длина маршрута, время оборота, дорожные условия, средняя эксплуатационная скорость движения автобусов.

По результатам комплексного обследования пассажиропотоков на выборке маршрутов получен трехмерный массив данных, отражающий закономерности изменения пассажиропотоков по неделям садоводческого сезона, по дням недели и по времени суток. Полученные данные позволяют определить значения пассажиропотоков на любом из рассматриваемых маршрутов с дискретностью один час в течение всего садоводческого сезона.

Достоверность полученных данных подтверждена путем сравнения расчетной величины квантиля распределения Кохрена с предельно-допустимым значением, определенным исходя из величины уровня значимости 0,1.

В ходе комплексного обследования пригородных сезонных маршрутов так же было исследовано влияние погодных условий на величину пассажиропотоков. Показатели, характеризующие погодные условия, фиксировались в специальном протоколе совместно с данными о пассажиропотоках. Далее, при помощи стандартных программ выполнен регрессионный анализ полученных данных. В результате анализа выявлена корреляционная связь между значениями пассажиропотоков и параметрами погодных условий. Уравнение регрессии, описывающее эту связь, имеет вид:

$$K = 1 - 0,027X_1 - 0,009X_2 - 0,004X_3, \quad (5)$$

где K – корректирующий коэффициент, определяющий снижение пассажиропотоков в результате изменения погодных условий;

X_1 – величина снижения среднесуточной температуры по сравнению со среднегодовым показателем, определенным для данного периода садоводческого сезона, °С;

X_2 – суточное количество осадков, мм;

X_3 – скорость ветра, м/с.

Анализ уравнения 5 позволяет сделать вывод о том, что снижение пассажиропотоков в результате ухудшения погодных условий может

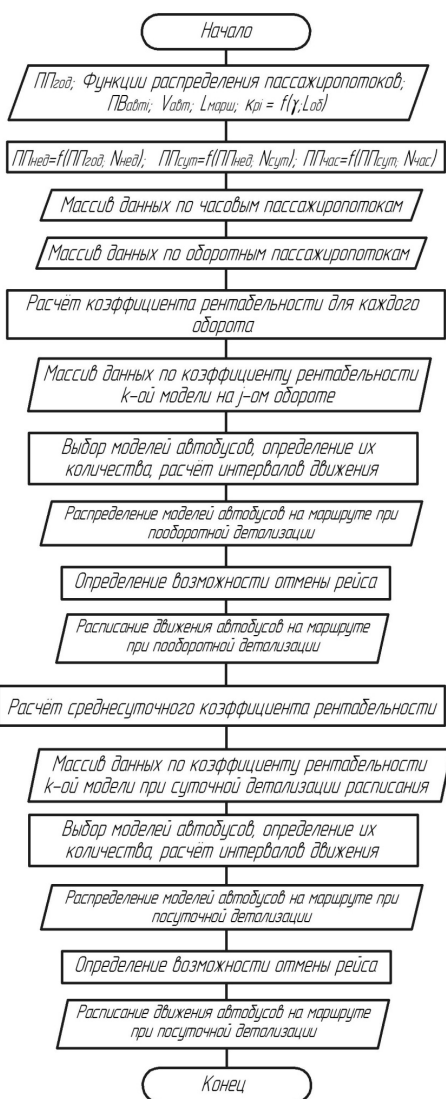


Рисунок 2. Блок-схема алгоритма определения оптимальной структуры парка подвижного состава и расписания работы автобусов на пригородных сезонных маршрутах

достигать 60 %, что необходимо учитывать при сопоставлении фактических и расчетных данных, полученных в результате прогнозного расчета пассажиропотоков.

Помимо массива данных, определяющих закономерности изменения пассажиропотоков на исследуемых маршрутах, для практической реализации разработанной методики необходимо определить значения коэффициента Z в выражении 3 для используемых моделей автобусов.

В г. Оренбурге перевозки по пригородным сезонным маршрутам осуществляются автобусами моделей: ЛиАЗ-52564, Аутосан, ПА3-32051. В ходе исследования был проведен анализ технико-экономических параметров эксплуатации данных моделей и определены численные значения показателей, необходимы для расчета коэффициента Z . В результате получены выражения для расчета коэффициента рентабельности, которые представлены в таблице 2.

Адекватность выражений, представленных в таблице 2, и полученных с их использованием результатов определена путем сопоставления расчетных и фактических значений коэффициентов рентабельности. Фактические значения были определены исходя из данных по суммарным доходам и расходам на эксплуатацию транспортных средств, предоставленных перевозчиком, выполнявшим перевозки на пригородных сезонных маршрутах в 2009 году (ООО «Компания «Оренбургский автобус»»).

Таким образом, определены данные, необходимые для практической реализации разработанной методики.

В соответствии с разработанной методикой, определена оптимальная структура парка подвижного состава и составлено расписание работы автобусов на одном из пригородных сезонных маршрутов г. Оренбурга (маршрут №178). Разработаны два варианта детализации выхода на маршрут различных моделей (ПА3-32051, ЛиАЗ-52564, Аутосан). Наиболее приемлем в практическом плане посуточный вариант детализации, так как его внедрение связано с меньшими трудовыми и материальными затратами.

В настоящее время на маршруте в рабочие дни эксплуатируется один автобус ЛиАЗ-52564, интервал движения равен времени оборота. В выходные дни на маршруте работают два автобуса ЛиАЗ-52564, интервал движения равен половине времени оборота.

По результатам оптимизации предложено заменить в рабочие дни автобусы ЛиАЗ-52564 на менее вместимые, но более экономичные автобусы Аутосан. В выходные дни один из автобусов ЛиАЗ-52564 снимается с маршрута в период 12:00 до 16:30. В последние четыре недели садоводческого сезона отменяются первый и последний рейсы. В этот же период в рабочие дни на маршруте работает один автобус ПА3-32051, а в выходные один автобус Аутосан, который заменяется на ПА3-32051 в последние две недели сезона.

В результате внедрения предложенных мероприятий, общий годовой пробег транспортных средств на маршруте сокращается на 17,4 %, суммарный расход топлива снижается на 29,6 %.

Таблица 2. Выражения расчета коэффициента рентабельности перевозок для исследуемых моделей транспортных средств

Модель автобуса	ЛиАЗ-52564	Аутосан	ПА3-32051
Уравнение коэффициента рентабельности	$K_p = 50,13 \frac{\bar{\gamma}}{L_{OB}}$	$K_p = 66,89 \frac{\bar{\gamma}}{L_{OB}}$	$K_p = 28,92 \frac{\bar{\gamma}}{L_{OB}}$
Ограничение целевой функции	$OP_{РЕЙС} < 110$	$OP_{РЕЙС} < 102$	$OP_{РЕЙС} < 41$

Таблица 3. Результаты оптимизации структуры парка подвижного состава и расписания работы автобусов на маршруте №178 г. Оренбурга

Вариант детализации	Годовой доход, руб.	Годовые затраты, руб.	Коэффициент рентабельности перевозок	Относительное снижение затрат, %
Без оптимизации (фактические показатели)	680 820	1 289 950	0,528	-
Оптимизация с пооборотной детализацией	680 820	932 630	0,730	27,7
Оптимизация с посуточной детализацией	680 820	960 253	0,709	25,56

Экономические результаты оптимизации отражены в таблице 3.

Внедрение разработанной методики оптимизации структуры парка и разработки расписания работы автобусов приведет к снижению эксплуатационных расходов на 25,5 %. В абсолютном выражении для всех маршрутов, обслуживающих садоводческие товарищества г. Оренбурга данная экономия составит около 18 млн. руб., что свидетельствует о целесообразности внедрения разработанных методов.

По результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1 Разработана математическая модель, определяющая показатели эффективности эксплуатации автобусов на пригородных сезонных маршрутах, позволяющая сравнить эффективность эксплуатации различных моделей автобусов исходя из соотношения доходных и расходных статей.

2 Разработана методика и алгоритм определения оптимальной структуры парка и составления расписания работы автобусов на линии, позволяющие оптимизировать затраты на осуществление перевозочного процесса.

3 В результате обработки и анализа результатов комплексного обследования пассажиропотоков на пригородных сезонных маршрутах, обслуживающих садоводческие товарищества, определен трехмерный массив данных распределения пассажиропотоков по периодам садоводческого сезона с почасовой детализацией. Выявлено влияние погодных условий на пассажиропотоки исследуемых маршрутов.

4 Для наиболее распространенных моделей автобусов определены функциональные зависимости, определяющие взаимосвязь коэффициента рентабельности с параметрами перевозочного процесса, позволяющие выполнить сравнительную оценку эффективности эксплуатации данных моделей на различных маршрутах в заданные периоды садоводческого сезона.

5 Проведена оптимизация структуры парка и расписания работы на маршруте №178. Внедрение полученных результатов позволяет снизить эксплуатационные расходы на 25 %, что в масштабах г. Оренбурга обеспечивает годовую экономию в размере 18 млн. руб.

12.06.2011

Список литературы:

1. Шефтер, Я.И. Рекомендации по показателям временных минимальных стандартов транспортной подвижности населения в городах и качества услуг / Я.И. Шефтер, К.В. Трякин. – М.: Транспорт, 2002. – 183 с.
2. Гудков, В.А. Пассажирские автомобильные перевозки / В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Вельможин, С.А. Ширяев. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 218 с.
3. Напольский, Г.М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания / Г.М. Напольский. – М.: Транспорт, 1993. – 271 с.
4. Дрючин, Д.А. Методика оптимизации структуры автобусного парка садоводческих маршрутов на основе комплексного обследования пассажиропотоков / Д.А. Дрючин, А.Ф. Фаттахова // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2011. – №3. – С. 49-54.
5. Дрючин, Д.А. Результаты анализа данных комплексного обследования пассажиропотоков на садоводческих маршрутах города Оренбурга / Д.А. Дрючин, А.Ф. Фаттахова // Проблемы функционирования систем транспорта: материалы Международной научно-практической конференции / ТюмГНГУ – Тюмень, 2010. С. 97–100.

Сведения об авторе:

Фаттахова Альмира Файзулловна, старший преподаватель кафедры автомобильного транспорта транспортного факультета Оренбургского государственного университета, e-mail: alm-fed@mail.ru
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, тел. (3532) 756399

UDC 656.025.2(076.5)

Fattakhova A.F.

Orenburg state university, e-mail: alm-fed@mail.ru

OPTIMIZATION OF THE STRUCTURE OF THE PARK AND TIMETABLES OF BUSES ON SUBURBAN SEASONAL ROUTES IN ORENBURG

The article marked social significance and the reasons for the loss of suburban seasonal routes. Structure optimization methodology and timetable of buses on suburban seasonal routes is developed. The survey of passenger traffic on suburban seasonal routes in the city of Orenburg received data necessary for the implementation of the developed methodology.

Key words: road transport, suburban seasonal routes, the structure of the park, the timetable of the bus traffic, traffic volume.