

УДК 004.942

Т.Е. Григорьева, Е.В. Истигечева
**РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ РАЦИОНАЛЬНОЙ
МАРШРУТНОЙ СИСТЕМЫ**

*Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники (ТУСУР)*

Разработаны имитационные модели автобусных маршрутов с целью минимизации издержек и рационального расходования ресурсов транспортного автопарка. Для этого рассматриваются основные принципы и критерии маршрутной технологии, приводится обобщенная модель автобусных маршрутов. Моделирование проводится в среде моделирования MAPS, позволяющей варьировать такими параметрами как: временной интервал работы исследуемой системы; количество автобусов, назначенных на определенный рейс; время, которое автобус затрачивает на остановках, заправках и т.д.

Ключевые слова: моделирование, маршрут, оптимальная маршрутная система, модель автобусных маршрутов.

Введение.

Сущность маршрутной технологии перевозок пассажиров состоит в организации движения подвижного состава по неизменному пути следования в виде последовательности повторяющихся циклов транспортировки — рейсов.

Основные принципы маршрутной технологии:

- определенность маршрута и стабильность его трассы;
- регулярность движения транспортных средств по маршруту и преимущественная организация движения по расписанию;
- совпадение интересов пассажиров, пользующихся маршрутом, выраженное в соответствии пассажирских корреспонденций и трассы маршрута;
- предварительное, до начала движения, оформление маршрутной документации и обустройство маршрута;
- контроль за работой транспортных средств на маршруте и осуществление диспетчерского управления [1].

Основными критериями, учитываемыми при формировании маршрутной системы, являются: снижение затрат времени, которое пассажиры тратят на поездки, сокращение количества пересадок пассажиров при поездках, экономия затрат за счет спрямления маршрутов.

Следует различать **оптимальную** и **рациональную маршрутные системы**. *Оптимальной* считается система, наилучшим образом соответствующая установленному критерию, например, минимуму затрат времени пассажиров на поездки. *Рациональная* система может несколько

отличаться от оптимальной, поскольку имеет нестрогое соответствие избранному критерию, например, в связи с учетом каких-либо дополнительных требований, неполнотой или неточностью использованных при расчетах исходных данных. Поэтому практически всегда принимается рациональный вариант маршрутной системы [2].

Целью данной статьи является разработка имитационных моделей автобусных маршрутов, способствующих рациональному расходованию ресурсов транспортного автопарка и минимизации издержек.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: рассмотреть обобщенную модель автобусных маршрутов, разработать модели автобусных маршрутов с одним и двумя различными графиками движения и предложить рекомендации по рациональному расходованию ресурсов транспортного автопарка.

Основная часть.

Рассмотрим «универсальный» автобусный маршрут или так называемую *обобщенную модель автобусного маршрута*.

Маршрут - установленный и оборудованный путь следования автотранспорта, выполняющего регулярные перевозки. В качестве примера рассмотрим модель со следующими входными параметрами: в автопарке для определенного маршрута определено 5 автобусов, маршрут работает 12 часов в сутки, автобусы по этому маршруту ходят каждые 10 минут, продолжительность одного рейса составляет 60 минут, из них 20 минут – время в «прямом» направлении, 35 минут – время на «обратный» путь, 5 минут – время простоя автобуса, связанное с заправкой, мелким ремонтом, отдыхом водителя.

Целью моделирования является определение количества машин и рейсов определенного маршрута с минимальным временем простоя машин и фиксированным временем на отдых водителя, заправку, ремонт и т.д.

Моделировать будем в среде моделирования (СМ) MARC. СМ MARC представляет собой программный продукт для моделирования и анализа систем различной физической природы (физико-химических, механических, информационных и т.д.), в том числе систем массового обслуживания и бизнес-процессов [3-5].

В основе работы СМ MARC лежит представление исследуемого объекта в виде компонентной цепи, состоящей из типовых компонентов, входящих в библиотеку моделей. Внутри компонентной цепи движутся фишки. Фишкой называется единица какого-либо элемента участвующего в процессе [6].

Для моделирования одного автобусного маршрута будем использовать следующие компоненты: «Источник фишек», «Счетчик», «Очередь», «Позиция». В свойствах каждого компонента введем значения,

соответствующие данной задаче, а в параметрах моделирования зафиксируем время работы модели в минутах, т.е. $T=720$ мин (12часов*60мин).

Опишем каждый компонент этой модели:

В компоненте «Источник фишек» задается количество автобусов (фишек), работающих на конкретном маршруте (в данном примере - 5 автобусов). В свойствах этого компонента также можно указать время, через которое очередной автобус будет выходить на маршрут (каждые 10 минут), а в терминах модели это означает период времени, через который фишки будут поступать в следующий компонент.

В компоненте «Счетчик» фиксируется количество рейсов, совершенных автобусами за заданное время работы модели (720 минут).

Компонент «Очередь» считает, сколько автобусов находится в автопарке в ожидании рейса за время работы модели.

В компоненты «Позиция» вводятся следующие значения:

- прямой путь – 20 минут;
- конечная остановка – 5 минут;
- обратный путь – 35 минут.

В свойствах компонента задается время обработки (обслуживания) одной фишки, т.е. когда фишка попадает в компонент «Позиция», он задерживает ее на время обслуживания и затем передает дальше. Также компонент «Позиция» имеет 2 цветных режима: Если фишка находится в данном компоненте, то он окрашен в серый цвет, если нет, остается белым.

По окончании моделирования компонент «Счетчик» показывает, что совершенно 72 полных рейса; в свойствах компонента «Позиция обратный путь» видно, что после остановки в нем находится одна фишка, т.е. один автобус находится в пути. Компонент «Очередь» показывает, что 12 автобусов находилось в автопарке в ожидании рейса за время работы модели.

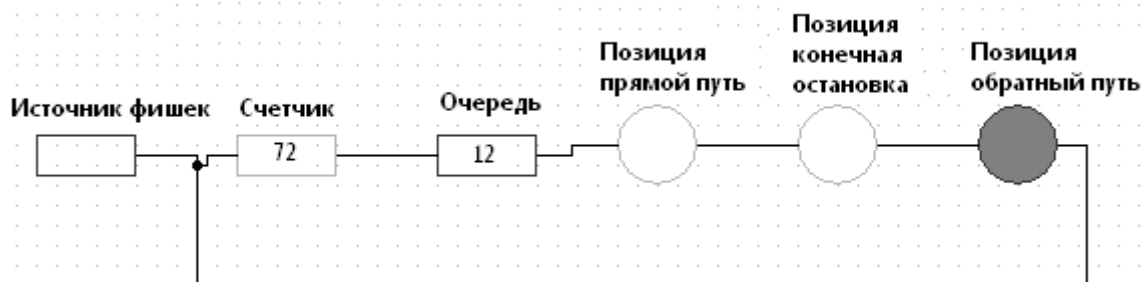


Рисунок 1–Модель автобусного маршрута

В результате моделирования можно сделать вывод, что, варьируя такими параметрами как время работы маршрута; интервал времени между рейсами; количество автобусов на рейсе; продолжительность рейса можно

увидеть, как будут изменяться компоненты «Счетчик» (количество автобусов на рейсе), «Очередь» (количество автобусов в автопарке), а также позицию нахождения автобуса на рейсе. Тогда с помощью этих данных можно:

- определить то необходимое количество автобусов на рейсе,
- определить время маршрута, при котором количество автобусов в автопарке будет равно нулю.

Для того чтобы минимизировать издержки, связанные с простоем автобусов, проведем эксперимент, в котором зафиксируем количество автобусов – 5, они движутся по одному маршруту, но с разными интервалами времени между рейсами.

Смоделируем маршрут с двумя различными графиками движения автобусов: в первом случае автобусы будут ходить каждые 7 минут, во втором каждые 15 минут. В автопарке, аналогично первому примеру, определено 5 автобусов на маршрут (в обоих графиках движения). Маршрут работает 12 часов в сутки, продолжительность одного рейса составляет 60 минут, из них 20 минут – время в «прямом» направлении движения, 35 минут – время на «обратный» путь, 5 минут – время простоя автобуса, связанное с заправкой, мелким ремонтом, отдыхом водителя.

Для построения модели используются компоненты аналогичные предыдущему примеру. В свойствах каждого компонента введем значения, соответствующие данной задаче, а в параметрах моделирования зафиксируем время работы модели, т.е. $T = 720$ мин.

Таким образом, модель автобусного маршрута с двумя различными графиками движения будет иметь вид (рисунок 2):

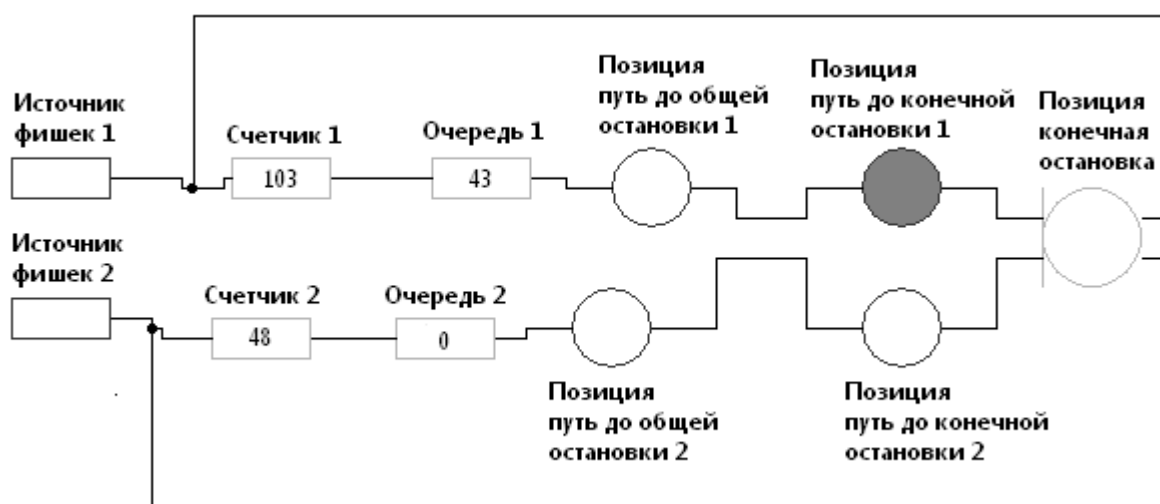


Рисунок 2–Модель автобусного маршрута с двумя различными графиками движения

В результате моделирования компонент «Счетчик» зафиксировал, что если автобусы будут ходить каждые 7 минут, то будет совершено 103 рейса, если каждые 15 минут – то 48 рейсов. Компонент «Очередь» показывает, что в случае если автобусы будут ходить каждые 7 минут, то за время работы модели 43 автобуса будет находиться в автопарке в ожидании рейса, если каждые 15 минут, то очередь будет равна нулю.

Компонент «Позиция» имеет 2 цветных режима: если фишка находится в данном компоненте, то он окрашен в серый цвет, если нет, остается белым. Следовательно, в случае, когда автобусы будут ходить каждые 7 минут, на конец моделирования 1 автобус находится в пути до конечной остановки.

Таким образом, выводы, сделанные для предыдущей модели (рисунок 1), применимы и здесь. Для рационального расходования транспортных ресурсов владельцу автопарка лучше использовать вторую модель автобусного маршрута, при которой автобусы будут ходить каждые 15 минут, так как в ней нет простоев в очереди, которые могут принести соответствующие издержки. Если использовать первую модель автобусного маршрута, то необходимо уменьшить количество автобусов или увеличить продолжительность каждого рейса, чтобы не было скопления в очереди, что может существенно повлиять на прибыль. Однако при разработке автобусных маршрутов следует учитывать пассажиропоток, время года, время час пик.

Заключение.

В результате проведенного имитационного моделирования разработаны модели автобусных маршрутов с одним и двумя различными графиками движения, позволяющие определить рациональное количество машин и рейсов определенного маршрута с минимальным временем простоя машин и с минимизацией издержек.

В настоящее время планирование маршрутной системы является актуальной проблемой, поскольку разрастаются города, появляются новые микрорайоны, увеличивается пассажиропоток, изменяются маршруты. Благодаря этому возникает потребность построения рациональной маршрутной системы на моделях. В литературе описаны исследования расчета маршрута рациональной системы для городов с различной населенностью.

В городах с населением менее 100 тыс. жителей и в поселках городского типа, часто имеющих радиальную планировку, маршрутная система может быть рационализирована исходя из необходимости обеспечения беспересадочных сообщений между различными частями городской застройки, расположенными вдоль небольшого числа магистралей - радиусов. Например, если застройка расположена вдоль трех

сходящихся магистралей и удалена от них на расстояние не более 500 м, возможна организация всего трех маршрутов.

В городах с населением более 100 тыс. жителей, а также в меньших городах с развитой планировочной структурой расчет маршрутной системы вручную обычно не представляется возможным из-за его высокой трудоемкости. В таких случаях используют вычислительную технику. В настоящее время отработана методика компьютерного расчета рациональной маршрутной системы для городов с населением примерно до 1 млн. жителей. В более крупных городах применение компьютеров для обоснования маршрутной системы усложняется ограничениями, связанными с большой размерностью и неточностью исходных данных. В этом случае маршрутную систему формируют сочетанием расчетов на компьютерах с экспертными оценками. Формирование маршрутной системы наземных видов ГПТ в городах-гигантах (свыше 2 млн. жителей) несколько облегчается наличием в большинстве из них скоростного трамвая или метрополитена, ввиду чего значительная часть маршрутов являются подвозочными к станциям скоростного транспорта.

Опыт внедрения рациональных маршрутных систем в городах России позволяет указать следующие приближенные *нормативы эффективности*:

- суммарные затраты времени пассажиров на поездки сокращаются не менее чем на 5%
- коэффициент пересадочности уменьшается на 10%
- маршрутный коэффициент возрастает на 10 %

В связи с сокращением коэффициента пересадочности при внедрении рациональной схемы автобусных маршрутов уменьшается маршрутная подвижность населения. Это требует обязательного пересмотра заданий по объему перевозок и получаемым доходам в сторону их уменьшения [2].

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-37-00027 «Разработка программных средств автоматической параметризации компьютерных моделей эколого-экономических систем предприятий нефтегазовой промышленности»

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы маршрутной технологии [Электронный ресурс] // URL: <http://maestria.ru/retro-stati/osnovyi-marshrutnoy-tehnologii.html> (дата обращения: 05.03.2016).
2. Оптимизация маршрутной системы [Электронный ресурс] // URL: <http://maestria.ru/retro-stati/optimizatsiya-marshrutnoy-sistemyi.html> (дата обращения: 06.03.2016).

3. Истигечева Е.В. Моделирование логистических схем бизнес-процессов/ Е.В. Истигечева, Т.Е. Григорьева // Информатика и системы управления, 2016, №1((47)) Моделирование систем - С. 25-33
4. Grigorieva T.E., Istigecheva E.V., Korniyushina A. I. Petri net modeling of mass service systems in the Mars simulation environment. Innovations in information and communication science and technology. Third postgraduate consortium international workshop ICST 2013 - Tomsk, Russia, September 2 – 5, 2013 proceedings. P 175 – 180.
5. Григорьева Т.Е. Дискретно-событийное моделирование в СМ МАРС для курса «Системы массового обслуживания». Доклады ТУСУРа №1 (31), март 2014. Издательство Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. Периодический научный журнал. ISSN 1818-0442, С. 152-155
6. Дмитриев В.М., Шутенков А.В., Зайченко Т.Н., Ганджа Т.В. МАРС – среда моделирования технических устройств и систем. – Томск: В – Спектр, 2011г. – 278 с.

T.E. Grigorieva, E.V. Istigecheva

THE DEVELOPMENT SIMULATION MODELS OF RATIONAL ROUTE SYSTEM

*Tomsk State University of Control Systems
and Radioelectronics (TUSUR)*

Simulation models of bus routes are developed for the purpose of minimization expenses and spending resources rational of a car park. For this purpose the basic principles and criteria of a route technology are considered, the generalized model of bus routes is given. Modeling is carried out in the modeling environment MARS. The MARS allows varying such the parameters as: a time frame of work the researched system; the number buses appointed to the certain flight; time which the bus spends at stops, gas stations, etc.

Keywords: modeling, route, optimal routing system, model of bus routes.

REFERENCES

1. Osnovy marshrutnoy tekhnologii [Elektronnyy resurs] // URL: <http://maestria.ru/retro-stati/osnovyi-marshrutnoy-tehnologii.html> (data obrashcheniya: 05.03.2016).
2. Optimizatsiya marshrutnoy sistemy [Elektronnyy resurs] // URL: <http://maestria.ru/retro-stati/optimizatsiya-marshrutnoy-sistemyi.html> (data obrashcheniya: 06.03.2016).
3. Istigecheva E.V. Modelirovanie logisticheskikh skhem biznes-protsessov/ E.V. Istigecheva, T.E. Grigor'eva // Informatika i sistemy upravleniya, 2016, No.1((47)) Modelirovanie sistem - pp. 25-33

4. Grigorieva T.E., Istigecheva E.V., Korniyushina A. I. Petri net modeling of mass service systems in the Mars simulation environment. Innovations in information and communication science and technology. Third postgraduate consortium international workshop IICST 2013 - Tomsk, Russia, September 2 – 5, 2013 proceedings. pp.175 – 180.
5. Grigor'eva T.E. Diskretno-sobytiynoe modelirovanie v SM MARS dlya kursa «Sistemy massovogo obsluzhivaniya». Doklady TUSURa No.1 (31), mart 2014. Izdatel'stvo Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki. Periodicheskiy nauchnyy zhurnal. ISSN 1818-0442, pp. 152-155
6. Dmitriev V.M., Shutenkov A.V., Zaychenko T.N., Gandzha T.V. MARS – sreda modelirovaniya tekhnicheskikh ustroystv i sistem. – Tomsk: V – Spektr, 2011.– 278 p.