

**Н.Б. Пушкина, А.В. Горбатов**

**ОРГАНИЗАЦИЯ ЗЕЛЕННОГО КОРИДОРА  
НА ОСНОВЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ**

*Рассмотрена проблема организации движения транспортных средств на дорогах. Для изучения данной проблемы будут построены модели зеленого коридора на основании сетей Петри. Результаты данного исследования могут быть использованы в компьютерных системах поддержки принятия решений. Ключевые слова: сеть Петри, дорога, проблема движения, светофор, система, зеленый коридор.*

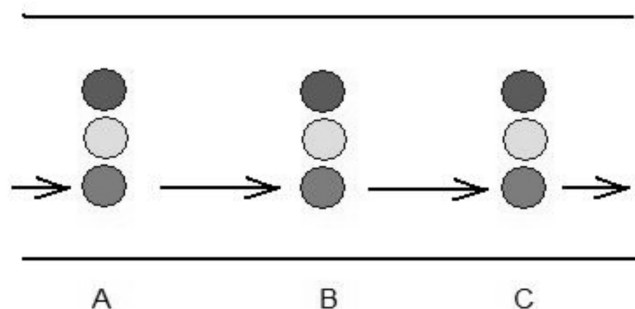
---

**В** настоящее время наблюдается существенный рост численности автомобильного транспорта на дорогах, что приводит к затруднениям в движении и как следствие к увеличению временных затрат на проезд из одного места в другое[3]. Также увеличение количества машин, и как следствие создание заторов на дорогах, в некоторых ситуациях, может сыграть роковую роль в дальнейшей судьбе человека. К примеру: в связи с затором скорая не успеет приехать к пациенту, пожарная машина не успеет добраться до очага возгорания и т.п.

На сегодняшний день очень трудно правильно рассчитать, сколько времени потребуется для того, чтобы добраться до пункта назначения. Это связано с проблемами в организации дорожного движения в нашей стране.

Существующие транспортные магистрали не выдерживают постоянно растущую интенсивность транспортных потоков. Во всех крупнейших мегаполисах на 1000 жителей сегодня приходится 500-800 (в Нью-Йорке - 910) автомобилей. В Москве этот показатель составляет 350 автомобилей [5]. Качество дорожных покрытий также существенно влияет на скорость движения транспортного потока.

В качестве мер по предотвращению заторов можно рассматривать такие методы, как регулирование доступа к дорогам (т.е. ограничение въезда определенных типов машин в определенное время; взимание платы за проезд по определённым



*Рис. 1. Принцип работы зеленого коридора*

участкам дороги; ограничение стоянки и т.д.), улучшение дорог, за счет усовершенствования перекрестков и расширения некоторых участков дорожного полотна (в России это наиболее распространенный способ борьбы с заторами).

Усовершенствование работы перекрестков производится за счет светофоров, которые при её большой загрузке ограничивают интервалы поступления автомобилей с прилегающих дорог. Поэтому стоит отметить, что грамотно поставленная работа светофора может частично решить проблему заторов.

Один из способов организации работы светофора - это организация зеленого коридора.

Зеленый коридор - это способ организации работы светофоров, при котором на ключевых магистралях обеспечивается непрерывный проезд транспортных средств путем синхронизации зеленых сигналов светофоров распределенных на данном участке магистрали (рис. 1).

Организация зеленого коридора возможна различными способами. Один из способов организации зеленого коридора [1] предполагает построение графовой модели (рис. 2).

Для реализации зеленого коридора необходимо, чтобы у каждого светофора вдоль улицы время цикла  $t_{\text{цикл}} = t_{\text{кр}} + t_{\text{зел}} + 2t_{\text{жел}}$  ( $t_{\text{кр}}$  - длительность горения красного сигнала,  $t_{\text{зел}}$  - зеленого,  $t_{\text{жел}}$  - желтого) было одинаковым, то есть работа светофоров должна быть синхронной [2].

Поскольку работа системы светофоров предполагает наличие состояний и переключение между ними, то в качестве математиче-

ского описания организации зеленого коридора можно использовать сети Петри.

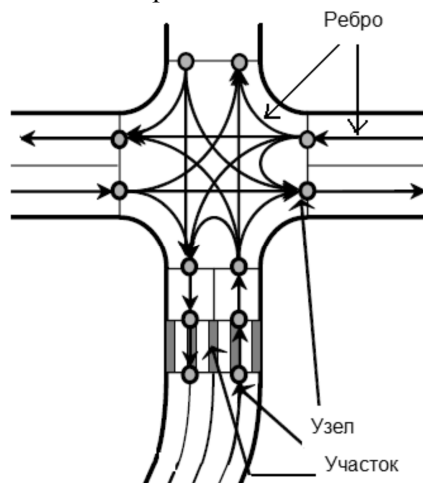


Рис. 2. Модель транспортной сети

Стандартные сети Петри не подходят для описания системы, т.к. главным параметром зеленого коридора является интервал переключения сигнала светофора (время между включениями зеленых сигналов), а стандартные сети Петри время переключения не учитывают. Поэтому целесообразно использовать сети Петри с расширением, которые позволят учитывать время.

Для построения сетей расширенных сетей

Петри, учитывающих переключение светофоров, необходимо сделать временную диаграмму. Временная диаграмма зависит от многих факторов, учесть которые могут только эксперты, и, кроме того, временная диаграмма зависит от специфики распределения транспортного потока на данном участке дороги (к примеру, при наличии въезда на платную дорогу и пункта оплаты).

Для примера возьмем некоторую дорогу с тремя светофорами, у одного из которых есть дополнительная секция со стрелкой поворота налево, и построенную для ее светофоров временную диаграмму (рис. 3).

На данной диаграмме изображены интервалы времени, отображающие работу светофора. При этом, серым цветом отмечены интервалы времени при которых активен зеленый сигнал светофора; белым цветом – красный или желтый сигнал светофора.

После того, как временная диаграмма получена, можно построить сеть Петри для данного участка дороги (рис. 4).

Данная сеть Петри является расширенной, т.к. она учитывает интервал переключения сигнала светофора (время между включе-

ниями зелёных сигналов). В качестве расширения использованы сдерживающие дуги.

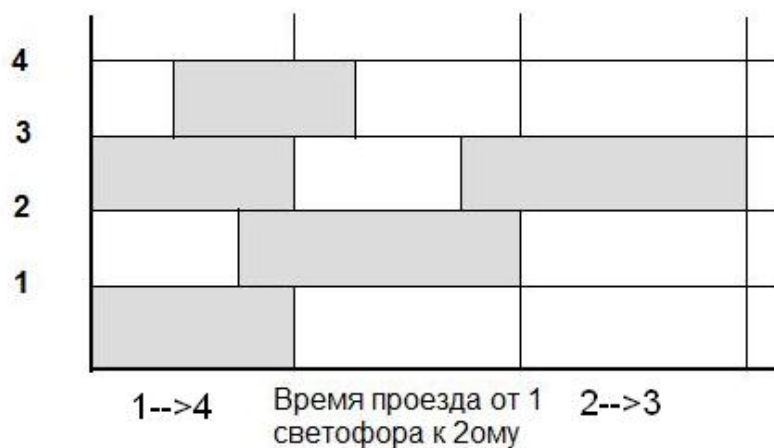


Рис. 3. Временная диаграмма переключения зеленого сигнала светофора для некоторой дороги

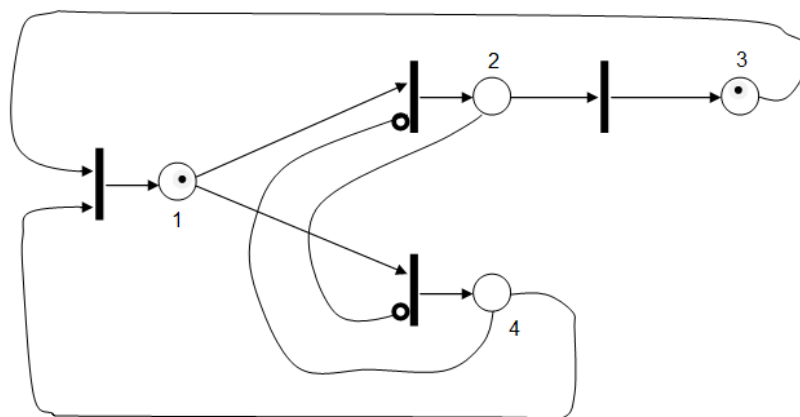


Рис. 4. Сеть Петри, соответствующая временной диаграмме на рис. 3

В результате правило запуска изменено: переход является разрешенным, когда фишки присутствуют во всех его обычных входах и отсутствуют в сдерживающих входах.


В построенной сети, наличие фишек в позиции обозначает, что на определённом светофоре на участке дорог горит зеленый сигнал

(зеленый светофор включен); переход обозначает переключение сигнала светофора. Сети Петри со сдерживающими дугами являются интуитивно самым простым подходом к увеличению мощности моделирования с помощью сетей Петри [4].

Согласно всему вышесказанному, стоит отметить, что сети Петри являются удобным математическим описанием модели организации зеленого коридора, ко всему прочему они обладают собственным мощным аппаратом анализа (построение дерева достижимости - нахождения всех достижимых маркировок, каждая из которых соответствует состоянию системы светофоров на данном участке магистрали; возможность преобразования сети Петри в автоматную систему, управляющую переключением светофоров на определенном участке дороги и др.). При построении сетей Петри можно создавать модели функционирования зеленых коридоров, которые помогут частично решить транспортные проблемы на дорогах. Таким образом, сети Петри обеспечивают поддержку принятия решений по организации движения транспортных потоков.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Михеева Т.И.* Использование принципов объектно-ориентированного проектирования интеллектуальной транспортной системы - Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физико-математические науки, №34, 2005 с. 141-148.
2. *Барлыбаев Р.Х.* Система управления транспортным потоком одной улицы с использованием эвристики "Зелёной волны" Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2006. Т.8 №5 с. 33-39.
3. *Пушкина Н.Б., Калигин Д.В.* Система поддержки принятия решений по управлению транспортными потоками на перекрестке // Научный вестник МГТУ. - 2010. - № 6. - С. 28-32.
4. *Дж. Питерсон.* Теория сетей Петри и моделирование систем // Москва, Мир, 1981
5. <http://www.zr.ru/a/123409/> 

---

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Горбатов Александр Вячеславович* – профессор, доктор технических наук,  
*Пушкина Наталья Борисовна* – студентка группы АСП-2-М-10,  
[natusik303@mail.ru](mailto:natusik303@mail.ru),  
Московский государственный горный университет,  
Moscow State Mining University, Russia, [ud@msmu.ru](mailto:ud@msmu.ru)