

МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ МАШИН НА Т-ОБРАЗНОМ ПЕРЕКРЕСТКЕ

В. А. Зольников¹ (Липецк)

В настоящее время в связи с увеличением числа машин на улицах городов остро встает проблема регулирования перекрестков. Для решения задач такого типа широко используются средства имитационного моделирования. В нашей стране наиболее популярными системами имитационного моделирования считаются GPSS World, Pilgrim, Arena, AnyLogic. Средства систем имитационного моделирования дают великолепные возможности проводить эксперименты и исследования задач типа “что если” с целью определения системных параметров, показателей и “узких мест” в модели.

Для решения задачи регулирования Т-образного перекрестка приведем пример исследования работы перекрестка средствами GPSS World.

Предположим, что заданы две дороги, главная и примыкающая к ней. Каждая проезжая часть имеет две полосы движения, которые, в свою очередь, указывают направление движения транспорта на перекрестке. Светофоры работают в трех режимах. Известен режим работы светофоров и поток транспортных средств, поступающих с каждого направления.

Описание режимов работы светофоров:

I режим (рис. 1). Во время работы светофора в I режиме по проезжей части А движение по обеим полосам разрешено, таким образом, машины могут двигаться как в прямом направлении, так и поворачивать направо на прилегающую дорогу. Для проезжей части Б разрешено движение только в прямом направлении, а поворот налево запрещен красным сигналом светофора. А выезд с прилегающей дороги разрешен только направо, по направлению движения транспортного потока по проезжей части А.

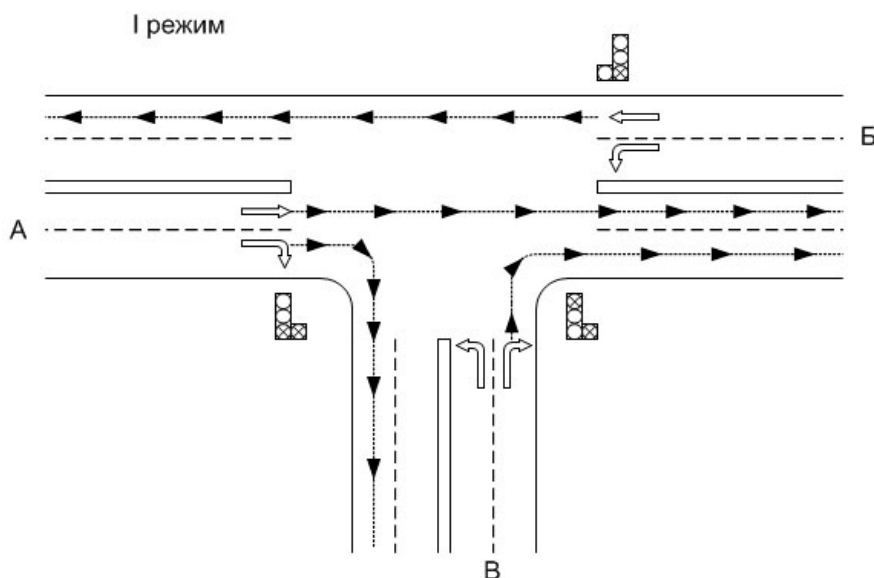


Рис. 1. I режим работы перекрестка

II Режим (рис. 2). Во время режима II работы светофора движение по проезжей части А полностью запрещено красным сигналом светофора, однако для проезжей части Б движение разрешено во всех направлениях, как вперед, так и поворот налево на

¹ Работа выполнена под руководством доцента кафедры автоматизированных систем управления Липецкого государственного технического университета канд. техн. наук Л. В. Гаева.

прилегающую дорогу. Движение по проезжей части В аналогично режиму I разрешено только направо в направлении движения транспортного потока по проезжей части А.

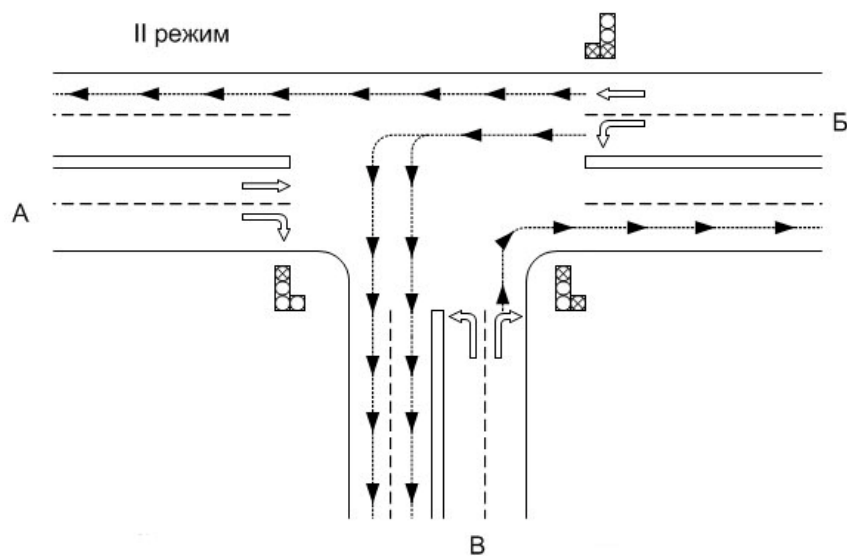


Рис. 2. II режим работы перекрестка

III режим (рис. 3). Третий режим работы светофора разрешает выезд на перекресток с прилегающей дороги и движение как направо, в направлении движения потока транспортных средств по проезжей части А, так и налево в направлении движения потока автомобилей по проезжей части Б. В это время полностью перекрыто движение по проезжей части Б, а на проезжей части А разрешен только левый поворот на прилегающую дорогу.

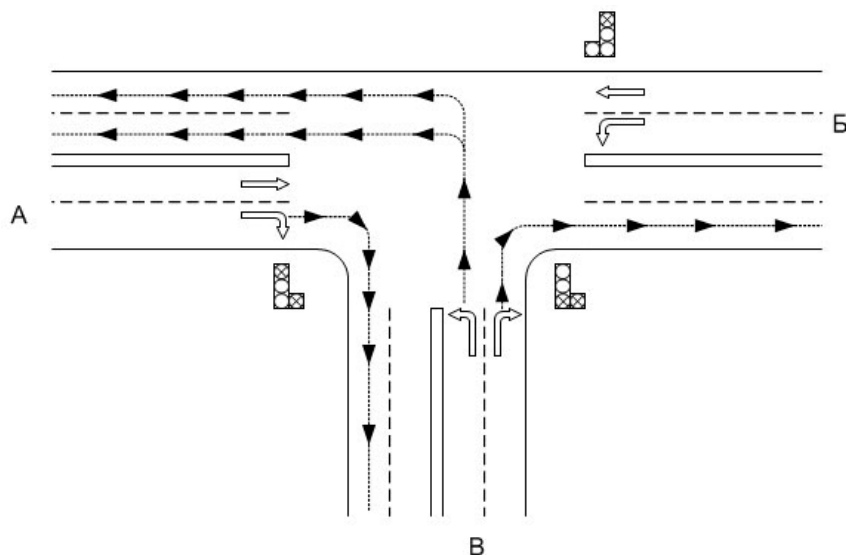


Рис. 3. III режим работы перекрестка

Исследования поставленной задачи целесообразнее всего выполнять с помощью имитационного моделирования (ИМ), для чего необходимо: во-первых, построить имитационную модель и, во-вторых, выполнить соответствующие эксперименты. В среде GPSS World была разработана имитационная модель.

Первые семь сегментов имитируют режимы работы светофора, а последние три – поток транспортных средств на перекрестке по проезжим частям А, Б и В, которые задаются в блоках Generate в виде транзактов, имеющих равномерные распределения 10 ± 5 , 10 ± 5 и 15 ± 5 соответственно.

Первый сегмент отвечает за генерацию транзактов, которые соответствуют красным сигналам светофора на левой полосе проезжей части А, и задержку транспортных средств на время, равное 40 с. Второй сегмент отвечает за генерацию транзактов, соответствующих красным сигналам светофора на правой полосе проезжей части А, и задержку транспортных средств на время, равное 20 с. Третий сегмент отвечает за генерацию транзактов, которые соответствуют красным сигналам светофора на левой полосе проезжей части В, и задержку транспортных средств на 40 с, четвертый – за генерацию транзактов, соответствующих красным сигналам светофора на правой полосе проезжей части В, и задержку транспортных средств на 20 с. Пятый и шестой сегменты соответствуют левой полосе проезжей части С, общее время задержки транспортных средств – 40 с. Седьмой сегмент отвечает за генерацию транзактов, которые соответствуют красным сигналам светофора на правой полосе проезжей части С, и задержку транспортных средств на 20 с.

Задержка транспортных средств происходит за счет более высокого приоритета транзактов, генерируемых сегментами 1–7.

Восьмой сегмент отвечает за появление машин на проезжей части А и распределение транспорта по полосам движения. Среднее время проезда перекрестка одной машиной составляет 5 с.

Девятый и десятый сегменты отвечают за появление машин на проезжей части В и С соответственно. Среднее время проезда перекрестка одной машиной также равно 5 с.

Рассмотрим взаимосвязь сегментов между собой.

```

*сегмент 1
GENERATE 60,,20,,1
SEIZE   svet11
ADVANCE 40
RELEASE svet11      lp1
TERMINATE

*сегмент 2
GENERATE 60,,20,,1
SEIZE   svet1r
ADVANCE 20
RELEASE svet1r      rp1
TERMINATE

*сегмент 8
* проезжая часть А
GENERATE 15,5,,,0
TRANSFER .7, rp1, lp1
QUEUE   ocher11
SEIZE   svet11
DEPART  ocher11
ADVANCE 5
RELEASE svet11
TRANSFER , ends1
QUEUE   ocher12
SEIZE   svet1r
DEPART  ocher12
ADVANCE 5
RELEASE svet1r
TERMINATE

ends1

```

Рис. 4. Сегменты 1, 2 и 8

Сегменты 1, 2 и 8 (рис. 4) связаны между собой приборами svet11 и svet1r; svet11 отвечает за левую полосу движения проезжей части А, а svet1r за правую полосу движения проезжей части А. Когда в сегменте 1 или 2 генерируется транзакт с более высоким приоритетом, транзактам, генерируемым в сегменте 8, приходится ждать, пока не освободятся приборы svet11 и svet1r, что соответствует ожиданию машин, пока горит красный сигнал светофора.

```

*сегмент 3
GENERATE 60,,0,,1
SEIZE svet21
ADVANCE 40
RELEASE svet21 lp2
TERMINATE

*сегмент 4
GENERATE 60,,0,,1
SEIZE svet2r
ADVANCE 20 rp2
RELEASE svet2r
TERMINATE

*сегмент 9
*проезжая часть В
GENERATE 15,5,,,0
TRANSFER .5,lp2,rp2
QUEUE ocher21
SEIZE svet21
DEPART ocher21
ADVANCE 5
RELEASE svet21
TRANSFER ,ends2
QUEUE ocher22
SEIZE svet2r
DEPART ocher22
ADVANCE 5
RELEASE svet2r
TERMINATE
ends2

```

Рис. 5. Сегменты 3, 4, 9

Сегменты 3, 4 и 9 (рис. 5) связаны между собой приборами svet21 и svet2r; svet21 отвечает за левую полосу движения проезжей части В, а svet2r за правую полосу движения проезжей части В. Когда в сегменте 1 или 2 генерируется транзакт с более высоким приоритетом, транзактам, генерируемым в сегменте 8, приходится ждать, пока не освободятся приборы svet21 и svet2r, что соответствует ожиданию машин во время того, как горит красный сигнал светофора.

```

*сегмент 5
GENERATE 60,,0,1,1
SEIZE svet31
ADVANCE 20
RELEASE svet31 lp3
TERMINATE

*сегмент 6
GENERATE 60,,40,,1
SEIZE svet31
ADVANCE 40
RELEASE svet31 rp3
TERMINATE

*сегмент 7
GENERATE 60,,40,,1
SEIZE svet3r ends3
ADVANCE 20
RELEASE svet3r
TERMINATE

*сегмент 10
*проезжая часть В
GENERATE 10,5,,,0
TRANSFER .7,lp3,rp3
QUEUE ocher31
SEIZE svet31
DEPART ocher31
ADVANCE 5
RELEASE svet31
TRANSFER ,ends3
QUEUE ocher32
SEIZE svet3r
DEPART ocher32
ADVANCE 5
RELEASE svet3r
TERMINATE
ends3

```

Рис. 6. Сегменты 5, 6, 7, 10

Сегменты 5, 6, 7 и 10 (рис. 6) связаны между собой приборами svet31 и svet3r; svet31 отвечает за левую полосу движения проезжей части С, а svet3r за правую полосу движения проезжей части С. Когда в сегменте 1 или 2 генерируется транзакт с более высоким приоритетом, транзактам, генерируемым в сегменте 8, приходится ждать, пока не освободятся приборы svet31 и svet3r, что соответствует ожиданию машин во время того, как горит красный сигнал светофора.

```

*сегмент 11
GENERATE 6000
TERMINATE 1
START 1

```

Рис. 7. Сегмент 11

Последний сегмент отвечает за время работы модели (рис. 7).

Блоки Queue и Depart используются для регистрации параметров очереди. Сегменты, имитирующие транспортные потоки по проезжим частям А, Б и В, представлены на рис. 8.

*проезжая часть А		*проезжая часть В		*проезжая часть Б	
	GENERATE 15,5,,0		GENERATE 15,5,,0		GENERATE 10,5,,0
	TRANSFER .7,rp1,lp1		TRANSFER .5,lp2,rp2		TRANSFER .7,lp3,rp3
lp1	QUEUE ocher11	lp2	QUEUE ocher21	lp3	QUEUE ocher31
	SEIZE svet11		SEIZE svet21		SEIZE svet31
	DEPART ocher11		DEPART ocher21		DEPART ocher31
	ADVANCE 5		ADVANCE 5		ADVANCE 5
	RELEASE svet11		RELEASE svet21		RELEASE svet31
	TRANSFER ,ends1		TRANSFER ,ends2		TRANSFER ,ends3
rp1	QUEUE ocher12	rp2	QUEUE ocher22	rp3	QUEUE ocher32
	SEIZE svet1r		SEIZE svet2r		SEIZE svet3r
	DEPART ocher12		DEPART ocher22		DEPART ocher32
	ADVANCE 5		ADVANCE 5		ADVANCE 5
	RELEASE svet1r		RELEASE svet2r		RELEASE svet3r
ends1	TERMINATE	ends2	TERMINATE	ends3	TERMINATE

Рис. 8. Сегменты, имитирующие транспортные потоки по проезжим частям А, Б и В

Модель запускается по команде Start на прогон 6000 транзактов. GPSS World автоматически формирует отчет по основным результатам для канала обслуживания и очереди по каждому потоку модели (рис. 9).

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
SVET3L	281	0.817	17.438	1	2005	0	0	0	1
SVET2L	299	0.826	16.572	1	2011	0	0	0	0
SVET1L	384	0.902	14.102	1	2017	0	0	0	1
SVET1R	223	0.436	11.726	1	0	0	0	0	0
SVET3R	535	0.695	7.797	1	2004	0	0	0	2
SVET2R	298	0.495	9.966	1	2010	0	0	0	0

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT.	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
OCHER31	4	1	181	45	0.506	16.761	22.306	0
OCHER21	3	0	199	47	0.505	15.215	19.920	0
OCHER11	4	2	285	36	0.848	17.852	20.433	0
OCHER32	3	2	437	210	0.350	4.809	9.258	0
OCHER12	2	0	123	79	0.073	3.549	9.922	0
OCHER22	2	0	198	120	0.130	3.933	9.985	0

Рис. 9. Фрагменты отчета имитационной модели при 6000 транзактов

Комментируя полученные результаты, можно отметить, что при данных параметрах модели у нас не получается пробки, так как максимальное количество машин в очереди составляет 4, следовательно, машины, которые не проехали перекресток за один такт работы светофора, смогут сделать это в следующий.

Значения по строкам записей указывают, что показатели очереди для левой полосы проезжей части А и левой полосы проезжей части В немного хуже, чем для остальных потоков.

Выводы

Моделируя движение транспорта на регулируемом перекрестке, работу светофоров можно и нужно описывать с помощью отдельных фрагментов в среде GPSS. Погрешность времени каждого сигнала светофора будет незначительна и не превысит времени проезда одной машины через перекресток. Таким образом, мы получаем модель, которая полноценно описывает движение автотранспорта на регулируемом перекрестке, что позволяет использовать полученные данные для настройки режимов светофора на реальных перекрестках.