

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА Y-ОБРАЗНОМ ПЕРЕКРЕСТКЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

В.В. Мальцев

Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, Воронеж

Аннотация. Виртуальные модели и имитационное моделирование для оценки экологических показателей транспортного потока, в городской среде. В данной статье будет рассматривать программное обеспечение Anylogic для оценки экологических показателей транспортного потока путем создания виртуальной модели участка дороги пересечения улиц проспекта Труда и Урицкого города Воронеж.

Ключевые слова: anylogic, имитационное моделирование, конфликтная модель, перекресток, транспортный поток, выбросы, оптимизация, безопасность дорожного движения, выбросы.

SIMULATION MODELING AND STUDY OF TRANSPORT FLOW AT A Y-SHAPED INTERSECTION FOR ASSESSING ECOLOGICAL PARAMETERS OF TRANSPORT FLOW

V.V. Mal'tsev

Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh

Abstract: Virtual models and simulation modeling for assessing ecological parameters of transport flow in an urban environment. This article will consider AnyLogic software for evaluating ecological parameters of transport flow by creating a virtual model of the road section at the intersection of Truda Avenue and Uritskogo Street in the city of Voronezh.

Keywords: AnyLogic, simulation modeling, conflict model, intersection, transport flow, emissions, optimization, road safety, emissions.

Введение. Для оценки экологически показательней транспортного потока эффективными инструментами являются имитационное моделирование и конфликтная модель, которые позволяют изучить важные аспекты существенно сократив трату бюджета и времени на проведение исследования. Благодаря виртуальным моделям, исследователи могут предсказывать появление возможных проблем, связанных с транспортным потоком в городской среде.

В современном мире неустанно растет количество транспорта, а также постоянно реконструируются и прокладываются новые дороги, в связи с чем растет количество выбросов от транспортного потока, что негативно сказывается на окружающую среду и здоровье населения в городской среде. Так в современном мире невозможно отказаться от транспорта, значит требуется провести исследование на возможное сокращение выбросов от транспортного потока.

Согласно ГОСТ Р 56162—2019, выделяется пять основных групп транспортных средств. Подсчет выбросов, производимых транспортным потоком, представлен в табл. 1 и 2.

Таблица 1 – Значения удельных пробеговых выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта.

Наименование группы автомобилей	Номер группы	Выброс, г/км						
		CO	NO _x (в пересчете на NO ₂)	CH	Сажа	SO ₂	Формальдегид	Бенз(а)-пирен
Легковые	I	0,90	0.33	0.26	$0.55 \cdot 10^{-2}$	$0.66 \cdot 10^{-2}$	$1,50 \cdot 10^{-3}$	$0,18 \cdot 10^{-6}$
Автофургоны и микроавтобусы массой до 3,5 т	II	4.60	1.80	0.70	$3.70 \cdot 10^{-2}$	$1.40 \cdot 10^{-2}$	$2,50 \cdot 10^{-3}$	$0,20 \cdot 10^{-6}$
Грузовые массой от 3.5 до 12 т	III	5.30	6.40	1.50	0.37	$2.60 \cdot 10^{-2}$	$0,70 \cdot 10^{-2}$	$0,60 \cdot 10^{-6}$
Грузовые массой свыше 12 т	IV	5.60	7.50	2.00	0.44	$3,90 \cdot 10^{-2}$	$0,80 \cdot 10^{-2}$	$0,73 \cdot 10^{-6}$
Автобусы массой свыше 3.5 т	V	3.90	4.70	0.50	0.15	$2,20 \cdot 10^{-2}$	$0,22 \cdot 10^{-2}$	$0,20 \cdot 10^{-6}$

Таблица 2 – Значения удельных выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта в районе регулируемого перекрестка.

Наименование группы автомобилей	Номер группы	Выброс, г/км						
		CO	NO _x (в пересчете на NO ₂)	CH	Сажа	SO ₂	Формальдегид	Бенз(а)-пирен
Легковые	I	0,17	$8,80 \cdot 10^{-3}$	0,033	0,011	$0,17 \cdot 10^{-2}$	$0,26 \cdot 10^{-3}$	$0,13 \cdot 10^{-6}$
Автофургоны и микроавтобусы массой до 3,5 т	II	1,00	$30,00 \cdot 10^{-3}$	0,070	0,033	$0,33 \cdot 10^{-2}$	$0,30 \cdot 10^{-3}$	$0,13 \cdot 10^{-6}$
Грузовые массой от 3.5 до 12 т	III	1,00	$9,90 \cdot 10^{-2}$	0,170	0,0220	$0,55 \cdot 10^{-2}$	$0,76 \cdot 10^{-3}$	$0,33 \cdot 10^{-6}$
Грузовые массой свыше 12 т	IV	2,00	$13,00 \cdot 10^{-2}$	0,260	0,450	$0,66 \cdot 10^{-2}$	$1,16 \cdot 10^{-3}$	$0,40 \cdot 10^{-6}$
Автобусы массой свыше 3.5 т	V	0,90	$9,90 \cdot 10^{-2}$	0,070	0,120	$0,60 \cdot 10^{-2}$	$0,25 \cdot 10^{-3}$	$0,10 \cdot 10^{-6}$

Как показывают значения таблицы, выбросы от транспортного потока могут пагубно сказаться как на окружающей среде, так и на здоровье человека.

Для снижения пагубного воздействия выбросов на здоровье человека, поможет сокращения нахождения людей в придорожной зоне (дорога, пешеходный переход, остановка). В статье Новиков А.И., Писарева С.В., Сун Ч., Новикова Т.П. Исследование и разработка модели оценки оптимального расположения пешеходных переходов на базе конфликтной модели // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 35-44., рассматривается конфликтная модель взаимодействия таких потоков как пешеходы и автомобили, для определения оптимального расположения пешеходных переходов. Данная модель позволяет анализировать время ожидания пешеходов, интенсивность движения, а также других важных факторов, влияющих на безопасность движения. Было проведено исследование и представлены результаты, которые способствуют разработке рекомендаций по проектированию безопасных пешеходных переходов.

В заключении авторы подчеркивают высокую значимость применения как математического моделирования и системного подхода к решению задач по безопасности дорожного движения, а также необходимость дальнейшего исследования в данной области. Данная статья дает важную информацию, для решения проблемы снижения выбросов транспортного потока, так как грамотное расположение пешеходных переходов, снизит количество ДТП и соответственно заторов на дороге, а также сократит время нахождения человека около дороги.

Одним из главных факторов снижения количества выбросов транспортного потока – это грамотное регулирование перекрестков, что также снизит количество заторов на дороге и сокращение времени нахождения людей около дороги. Для определения оптимального регулирования перекрестков подойдет имитационное моделирование с применением виртуальных моделей движения транспортного потока. В статье Кельчина А.А., Портнов А.А., Припутников А.П. Имитированное моделирование и исследование движения автомобильного потока на Y-образном перекрестке для анализа транспортного потока // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте. – 2024. – С. 44-47., рассматривается Программное обеспечение для имитационного моделирования, разработанное российской компанией The AnyLogic Company. AnyLogic поддерживает следующие методы моделирования:

- системная динамика;
- дискретно-событийное (процессное) моделирование;
- агентное моделирование.

В данной статье применим ПО AnyLogic для создания виртуальной модели участка дороги пересечения улиц проспекта Труда и Урицкого города Воронеж, для выявления проблемы образования заторов. Построим виртуальную модель данного участка дороги, которая позволит наглядно увидеть проблему, из-за которой образуются заторы, которые порой составляют от 10 до 30 минут простоя в часы пик. Также благодаря данной модели появляется возможность оценить эффективность перекрестка, выявить проблемные участки, а также узкие места.

Для наглядного представления перекрестка, первым шагом в программе AnyLogic добавим спутниковый снимок данного участка дороги (рис. 1).



Рисунок 1- Спутниковый снимок участка дороги пересечения улиц проспект Труда и Урицкого города Воронеж

Следующим шагом будет создание имитационной модели инфраструктуры перекрестка (рис. 2).



Рисунок 2 – Инфраструктура перекрестка

Третьим шагом требуется разработать логику движения моделей по имитационной модели, при помощи объектов расположенных в «Библиотека дорожного движения» в программе AnyLogic (табл. 3).

Таблица 3 – Библиотека дорожного движения

Элемент	Название	Функция
	Car Source	Создает автомобиль (агент) в указанном месте дороги.
	Select Output	Направляет агента на один из двух выходных портов (перекресток).
	Car Move To	Блок управляет движением автомобиля, в какую точки дороги он должен двигаться.
	Car Dispose	Блок удаляет машины из модели при завершении его пути.

	Delay	Задерживает автомобиль (агент) на заданное время.
---	-------	---

В нашем проекте будут находиться 3 типа автомобиля и 2 типа автобусов. Каждый агент будет двигаться по своей заданной траектории. Также на диаграмме будут элементы движения по полосам, движение к остановке и парковке (рис. 3).

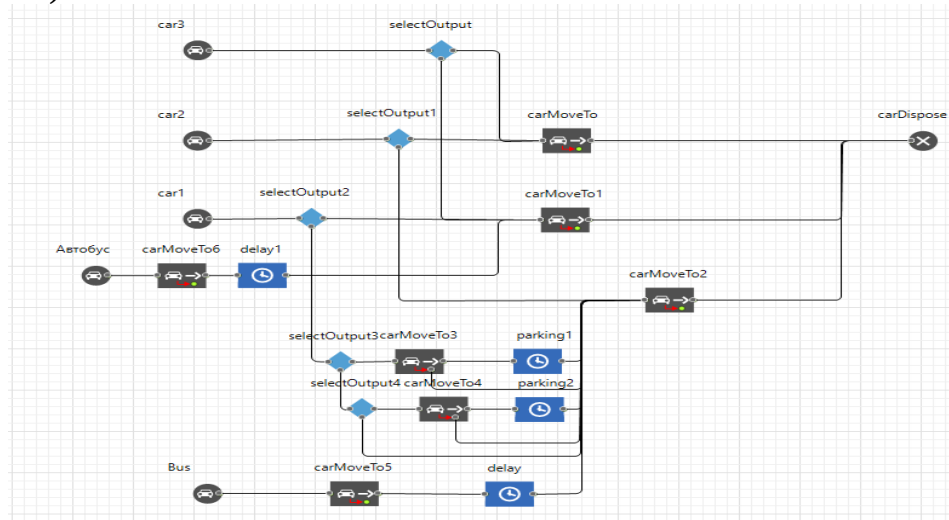
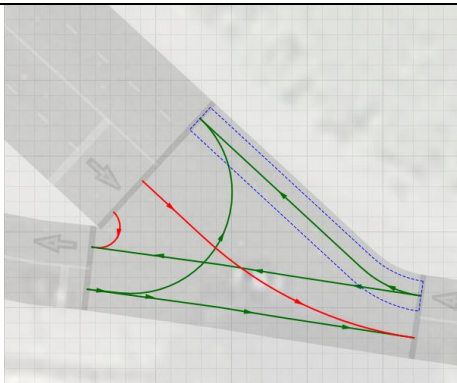
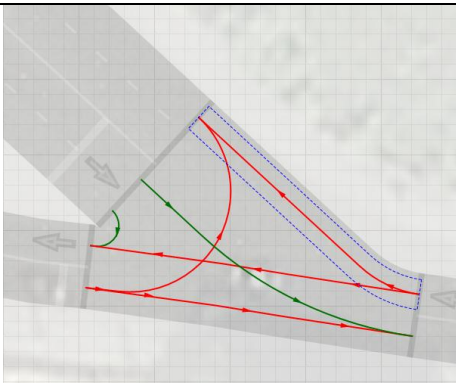


Рисунок 3 - Диаграмма движения агентов

Четвертым шагом зададим алгоритм работы светофоров (табл. 4).

Таблица 4 – Алгоритм работы светофоров

Интервал времени светофоров	Фаза 1		Фаза 2	
				
	Красный	Зеленый	Красный	Зеленый
Пешеход	46	17	-	-
Транспорт	30	33	33	30

Пятым шагом запустим полученную виртуальную модель. В данной модели уже присутствует спутниковый снимок, нанесена инфраструктура перекрестка, задана логика моделей и светофоров. Все агентные модели двигаются по модели, согласно установленной логике движения (рис. 4).

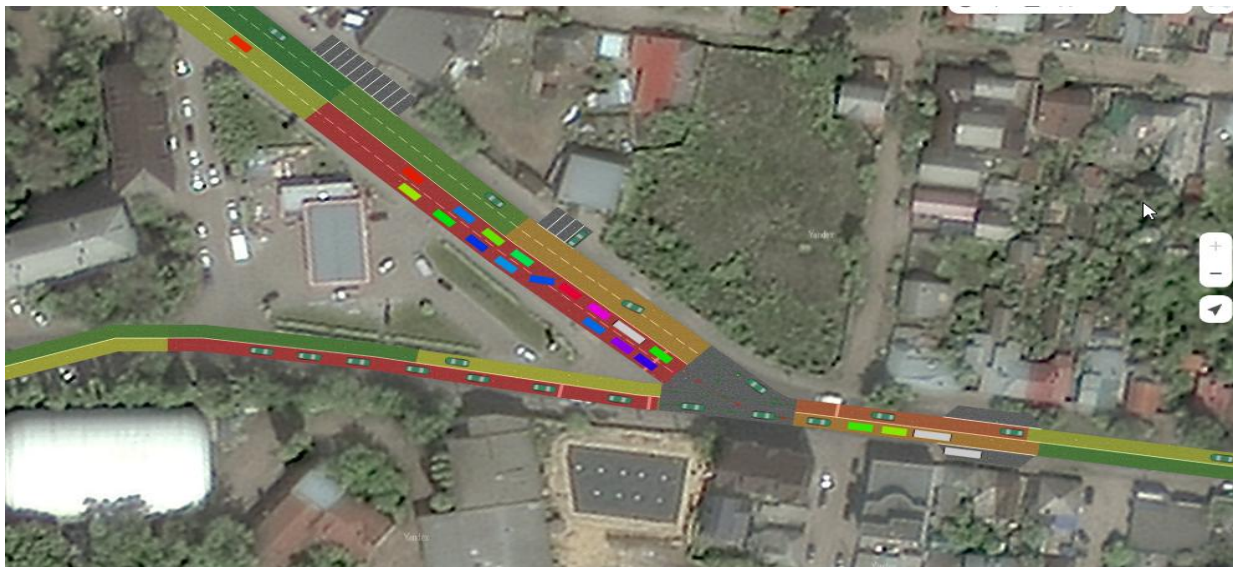


Рисунок 4 – Работа виртуальной модели

Таким образом, по виртуальной модели можно определить, где происходит затор. В часы пик происходят заторы в двух улицах. Чтобы избежать данные заторы, требуется выполнить следующие действия:

- углубить автобусную остановку по направлению в сторону Работницы, а остановку на противоположной стороне перенести за светофор, что снизить затор при посадке и высадке пассажиров;
- нанести разметку «вафельница» на перекресток, которая будет запрещать выезд автомобилей при возникновении затора сразу после или прямо на пересечении дорог;
- установить камеры фиксации нарушения ПДД, для запрета поворота с крайней правой стороны с проспекта труда, на лево на улицу урицкого по направлению Работницы
- установить интеллектуальную систему светофоров, которая будет регулировать время переключения разрешающего и запрещающего сигнала, в зависимости от обстановки на дорогах.

Заключение. Применение моделей конфликтов и имитационных моделей, позволяет подробно разобрать проблему образования заторов на перекрестках, а также разработать рекомендации по снижению времени простоя автотранспорта на перекрестках, что существенно снизить количество выбросов транспортного потока, соответственно происходит снижение пагубного влияния транспорта на окружающую среду и здоровье человека в городской среде.

Список литературы

1. Новиков А.И., Писарева С.В., Сун Ч., Новикова Т.П. Исследование и разработка модели оценки оптимального расположения пешеходных переходов на базе конфликтной модели// Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 35-44.

2. Кельчина А.А., Портнов А.А., Припутников А.П. Имитированное моделирование и исследование движения автомобильного потока на Y-образном перекрестке для анализа транспортного потока // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте. – 2024. – С. 44-47.

3. Справка Anylogic. URL: <https://anylogic.help/ru/anylogic/index.html>.

References

1. Novikov A.I., Pisareva S.V., Sun C., Novikova T.P. Study and development of a model for assessing the optimal placement of pedestrian crossings based on a conflict model // Modeling of Systems and Processes. – 2022. – Vol. 15, No. 3. – Pp. 35-44.

2. Kelchina A.A., Portnov A.A., Priputnikov A.P. Simulation modeling and study of vehicle flow at a Y-shaped intersection for transport flow analysis // Mechatronics, Automation and Control in Transport. – 2024. – Pp. 44-47.

3. AnyLogic Reference. URL: <https://anylogic.help/ru/anylogic/index.html>.