

СНИЖЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПУТЁМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕКРЕСТКА

*Хакимов Шаукат Кудайбергенович (ТРТрУ, к.т.н., доцент),
Саматов Рустам Гаффарович (ТРТрУ, PhD),
Ражапова Сайёра Сотиволдиевна (ТРТрУ, старший преподаватель),
Абдураззакова Дилдора Анваровна (ТРТрУ, старший преподаватель),
Абдусаматов Эркин (ТРТрУ, ассистент),
Абруев Шахбоз (ТРТрУ, ассистент).*

Аннотация: В данной статье приведены результаты разработки модели перекрестка с помощью симуляционной программы PTV VISSIM. Выбран один из проблемных перекрестков в городе Ташкент и для симуляции перекрестка исследован транспортный поток в часах пика по загруженности. В статье рассмотрены две решения снижения количества токсичных газов и расхода топлива. Первое решение представляет снижение через оптимизации фаз светофора и изменении цикла регулировки перекрестка. Второе решение представляет снижение через изменения геометрических параметров перекрестка. После применения двух решений оценочный показатель уровня обслуживания на перекрестке LOS повысился от уровня F на B.

Ключевые слова: модель перекрестка, симуляционная программа, транспортный поток, час пик, токсичны газы, расхода топлива, фаза регулирования, цикл регулирования, уровень обслуживания на перекрестке.

REDUCING VEHICLE EXHAUST GASES BY COMPUTER SIMULATION OF THE ROAD INTERSECTION

*Khakimov Sh.K.
(TSTU, candidate of technical sciences, associate professor),
Samatov R.G.
(TSTU, PhD),
Razhapova S.S.,
(TSTU, senior lecturer),
Abdurazzakova D.A.,
(TSTU, senior lecturer),
Abdusamatov E.
(TSTU, assistant),*

Annotation: *This article presents the results of developing an intersection model using the PTV VISSIM simulation program. One of the problematic intersections in the city of Tashkent was selected and the traffic flow at peak hours according to congestion was studied to simulate the intersection. The article discusses two solutions to reduce the amount of toxic gases and fuel consumption. The first solution represents a reduction through the optimization of traffic light phases and a change in the junction control cycle. The second solution represents the reduction through changes in the geometrical parameters of the intersection. After applying the two solutions, the level of service LOS at the intersection improved from F to B.*

Key words: *intersection model, simulation program, traffic flow, rush hour, toxic gases, fuel consumption, regulation phase, regulation cycle, service level at the intersection*

Введение

В последние годы количество автомобилей увеличено в 2-3 раза и на улицах города каждый день ездуют около 700-800 тысяч автомобилей. Помимо создания заторов они становятся причиной ухудшения экологии, безопасности пешеходов и пассажиров. Но общественный транспорт и дорожная инфраструктура города не может отвечать данным проблемам соответствующим образом. В городе не хватает надземных и подземных пешеходных переходов и автостоянок. Также в городе имеются более 500 больших перекрестков и в 200х из них пропускная способность транспортных средств низкая.

Загрязнение атмосферы эксплуатируемыми автомобилями очень высокое, например, при употреблении одним автомобилем 10-12 литра бензина в атмосферу выделяется 25 кг разных вредных химических соединений. Один автомобиль за год потребляет около 4 тонны кислорода [2]. Выхлопной газ двигателя включает более 500 вредных органических соединений как, монооксид углерода (CO), карбонат ангидрид (CO₂), оксид азота (NO), углеводороды (HC), летучие органические компоненты (VOC) и т.д. Всё это становится причиной ухудшения здоровья людей и глобального потепления во всем мире [1]. Оптимальная организация работы светофоров на перекрестках снижает эти выбросы. Пробки на дорогах являются источниками вредных выбросов. Исследования показывают, что больше всего от этого пострадают водители, пассажиры и люди, живущие вблизи автомобильных дорог. Иногда их воздействия заканчиваются фатальным исходом. С 2019 года компания Яндекс в Узбекистане начала информировать о заторах в городе. После 11 месяцев работы компания подвела итоги года и

определила, как меняются пробки в городе Ташкент. Средний показатель пробки изменился от 4,5 балла в августе до 5,8 балла в апреле. Если самое удобное время в году для владельцев автомобилей лето, то самое сложное время является утреня пробка в апреле.

В качестве объекта исследований выбран перекресток в центре города с пересечением улиц Университет, Богишамол и Большая Ташкентская кольцевая автомобильная дорога. Общие данные улиц приведены ниже. Количество полос улицы Университет 5, ширина улицы 21 м, на улице имеются разделительные полосы и пешеходные переходы; количество полос улицы Богишамол 6, ширина улицы 25 м, на улице имеются разделительные полосы и пешеходные переходы; количество полос Ташкентской кольцевой автомобильной дороги вблизи перекрестка 5, ширина улиц с одной стороны 22 м и с другой 25 м, на улице имеются разделительные полосы и пешеходные переходы. Светофор работает на 2-х фазах. Продолжительность цикла работы светофора 98 секунд. На рис. 1 показан вид исследуемой перекрестки.



Рис.1. Общий вид перекрестка

В таблице 1 показано количество автомобилей по типам, проезжавших через пересресток за 2 часа.

Таблица 1.

Типы транспортных средств	Легковой автомобиль	Автобус	Грузовой автомобиль
Количество	12639	294	687

На основе вышеуказанных данных разработана симуляционная модель текущего состояния перекрестка с помощью программы PTV VISSIM. Качество пропускной способности перекрестка оценено следующим образом (таблица 2).

Таблица 2.

LOS	Для перекрестка, управляемого светофором	Для перекрестка, управляемого без светофора
A	≤10 сек	≤10 сек
B	10–20 сек	10–15 сек
C	20–35 сек	15–25 сек
D	35–55 сек	25–35 сек
E	55–80 сек	35–50 сек
F	>80 сек	>50 сек

Для регулируемых и нерегулируемых перекрестков LOS определяется средней задержкой автомобиля на перекрестке. LOS может быть определен для каждой конфигурации перекрестка, для каждого движения или подхода.



Рис.2. Цифровой двойник текущего состояния исследуемого перекрестка

Разработана компьютерная модель текущего состояния перекрестка с учётом транспортного потока, фаз светофора и продолжительности цикла и получены следующие результаты (таблица 3).

Таблица 3.

№	Параметры	Текущее состояние
---	-----------	-------------------

1.	Уровень обслуживания на перекрестке (LOS)	F
2.	Количество транспортных средств (шт)	5317
3.	Расход топлива (л)	1067,959
4.	Выхлопной газ CO (грамм)	19720,533
5.	Оксид азота NOx (грамм)	3836,899
6.	Органические соединения VOC (грамм)	4570,424

В настоящее время на перекрестке установлены светофоры, которые работают на двух фазах и продолжительность цикла 98 секунд. Эффективный зеленый период светофора 92 секунд и потерянное время 6 секунд.

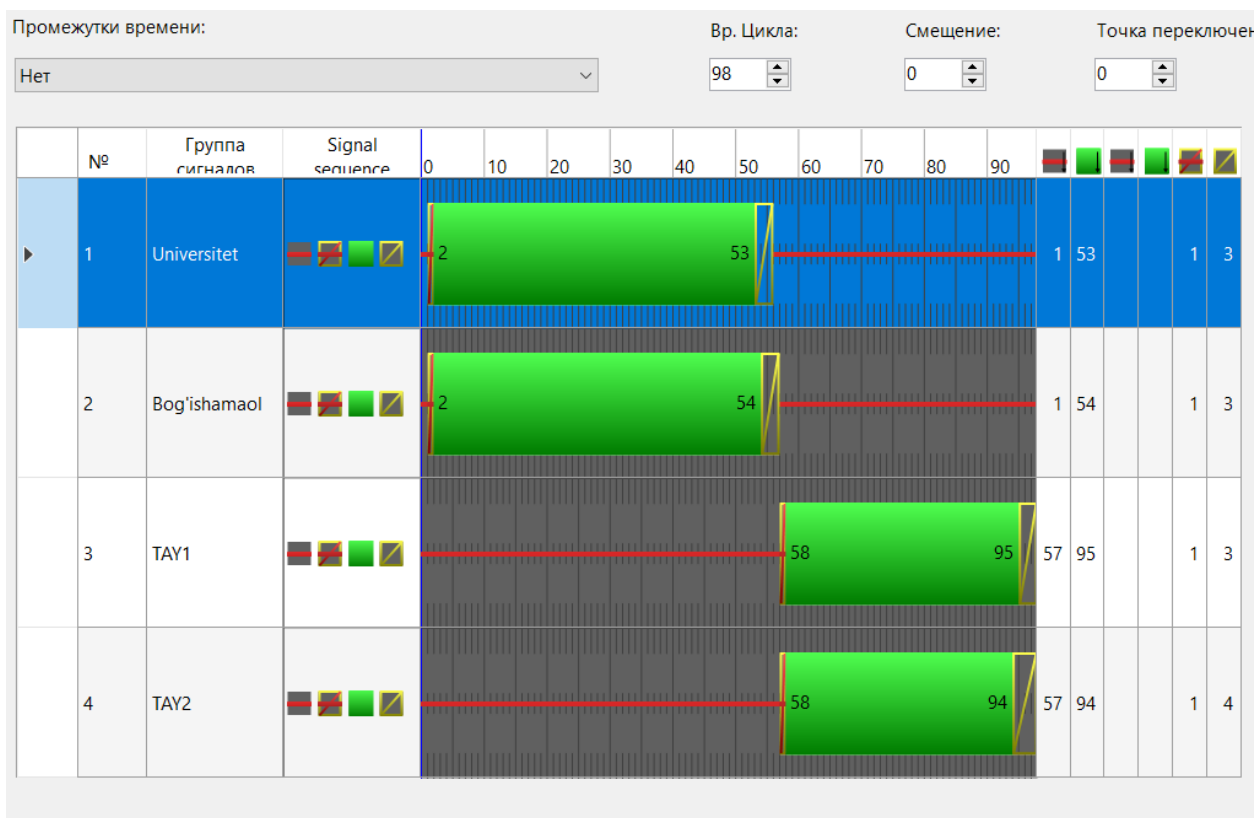


Рис. 3. Компьютерная модель цикла и фазы светофора, установленного на перекрестке.

Для перекрестка улиц Университет, Богишамол и Большая Ташкентская кольцевая автомобильная дорога, рациональная продолжительность цикла определена следующим образом.

Предлагаемая фаза и цикл светофора

Таблица 4.

	Фаза А	Фаза Б
v	648/3 полос =216	1246/2 полос =623
c	1400	1400
v/c	0.15	0.44

Построена компьютерная модель перекрестки с учетом предложенных значений фазы и цикла светофора. После компьютерной симуляции получены следующие результаты. Оптимальное значение длительности цикла регулирования определено по формуле Вебстера [4].

$$C = \frac{(1,5L + 5)}{1 - Y_c}$$

где C – длительность цикла регулирования, с; L – потерянное время за цикл, с; Y_c – сумма критических v/s – отношений (фазовых коэффициентов)

Используя, данные в таблице 4 произведен расчет и получены следующие результаты:

$$Y_c = 0.15 + 0.44 = 0.59; L = 6 \text{ с,}$$

$$C = (1.5 * 6 + 5) / (1 - 0.59) = 34 \text{ с.}$$

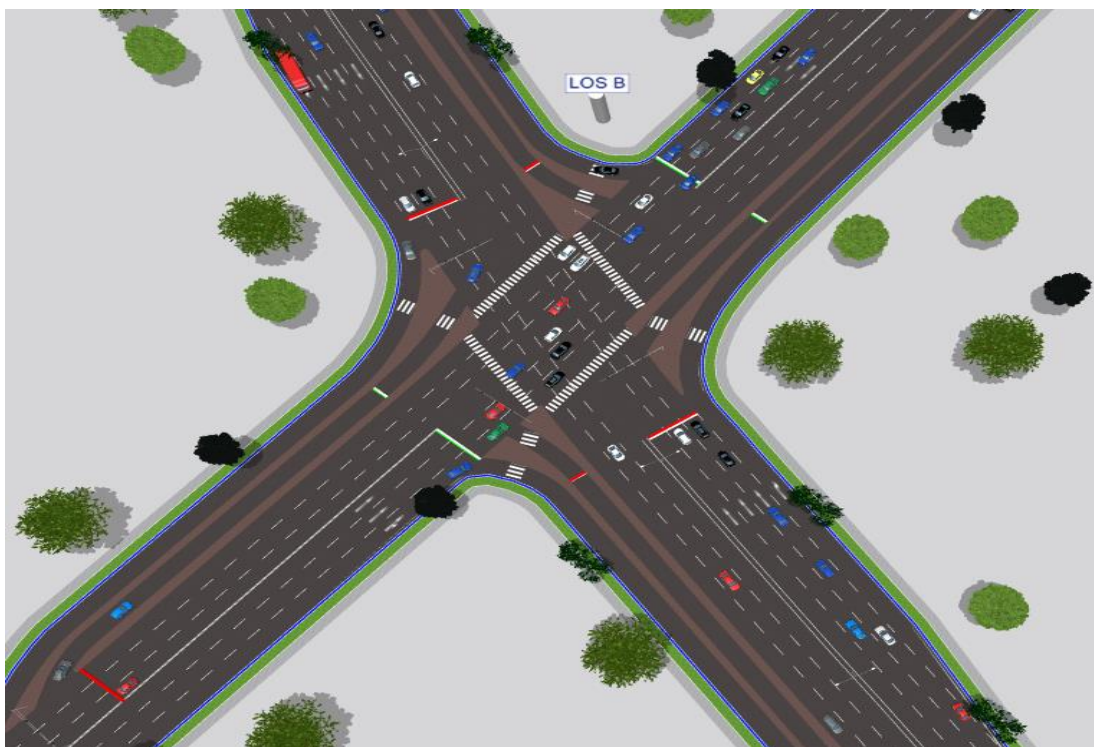


Рис. 4. Предлагаемая компьютерная модель перекрестки

Из таблицы № 5 можно увидеть улучшенную пропускную способность перекрестка в несколько раз из-за оптимизации фазы и цикла светофора, установленного на перекрестке.

Геометрические изменения на этом перекрестке позволяют минимизировать количество фаз светофора, уменьшить конфликтных точек и время задержки автомобиля на нём.

Предлагаемые показатели, полученные в результате компьютерного моделирования

Таблица 5.

№	Параметры	Текущее состояние
1.	Уровень обслуживания на перекрестке (LOS)	B
2.	Количество транспортных средств (шт)	7598
3.	Расход топлива (л)	608,773
4.	Выхлопной газ CO (грамм)	11241,364
5.	Оксид азота NOx (грамм)	2187,161
6.	Органические соединения VOC (грамм)	2605,295

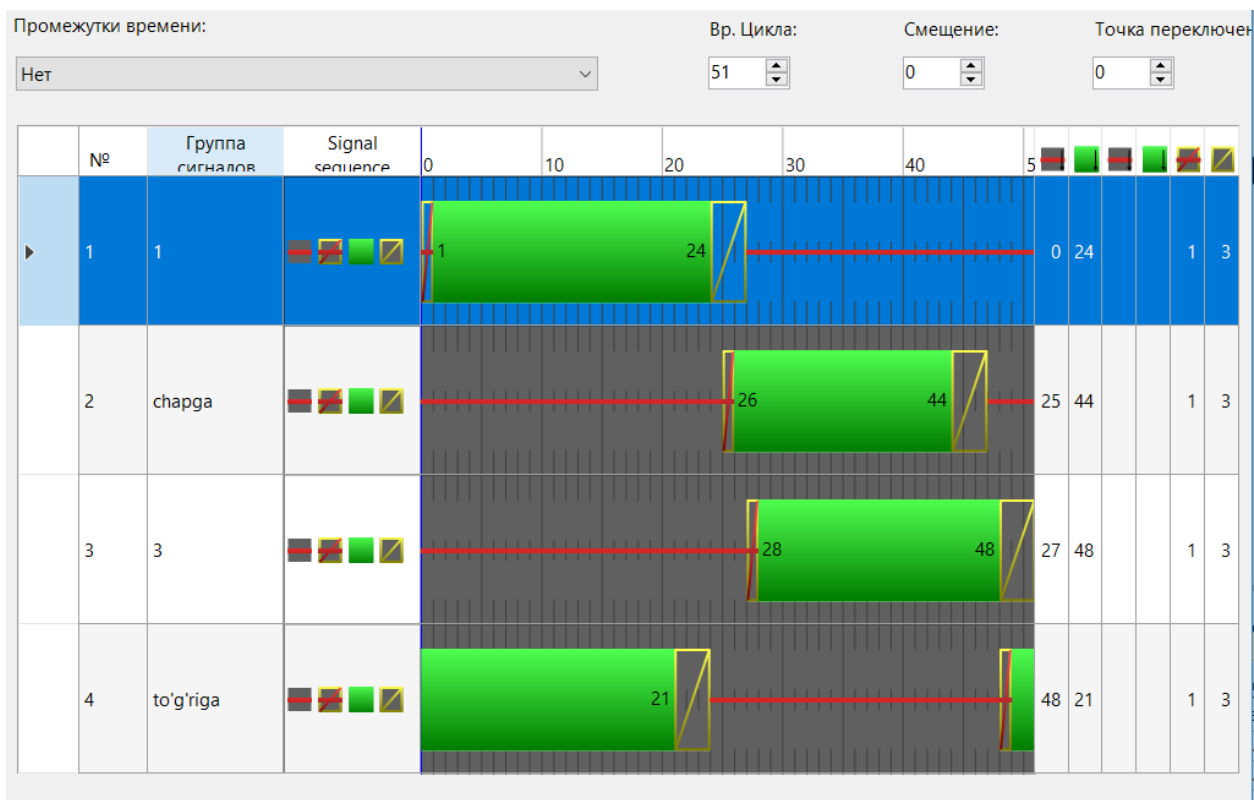


Рис. 5. Компьютерная модель работы светофора с предложенным циклом и фазами.

Для удовлетворения требований транспортного потока достаточный уровень пропускной вместимости оценивается критическим отношением X_c (v/c , v -интенсивность движения; c – пропускная способность перекрестка). Если отношение v/c ниже 0,85 как обычно, то необходимая вместимость обеспечена, то есть, задержки или простои транспортных средств не наблюдаются. Когда отношение v/c приближается к 1,0, то транспортный поток становится неустойчивым, наблюдаются запаздания и заторы. Когда отношение v/c больше 1,0, спрос превышает вместимость, транспортный поток становится неустойчивым, наблюдаются сильное запаздание и появляются большие пробки. В таких условиях транспортные средства для того, чтобы проехать перекресток, переждут несколько циклов светофора и возникает недостаточность цикла. При моделировании перекрестков для

долгосрочных перспектив (на 20 лет) для часа пиков целесообразно исходить из условий, когда значения отношений v/c от 0,85 до 0,95 [4].

Для определения решения эффективного управления движением на улице может быть использована программа PTV VISSIM. Обычно достаточно 15 минутного анализа для каждого транспортного средства, чтобы определить приведённые данные для целых суток. После симуляции состояния перекрестка с изменёнными параметрами получены следующие результаты:

- пропускная вместимость перекрестка за один час в часах пика;
- максимальная длина пробки, образуемой на перекрестке;
- среднее запаздывание транспортного средства;
- расход топлива автомобиля;
- уронь обслуживания на перекрестке (LOS);
- количество выбросов в атмосферу от транспортных средств.

Таблица 6.

№	Параметры	Текущее состояние	Предлагаемое состояние
1.	Уровень обслуживания на перекрестке (LOS)	F	B
2.	Количество транспортных средств (шт)	5317	7598
3.	Расход топлива (л)	1067,843	608,773
4.	Выхлопной газ CO (грамм)	19720,533	11241,364
5.	Оксид азота NO _x (грамм)	3836,899	2187,161
6.	Органические соединения VOC (грамм)	4570,424	2605,295

Результаты компьютерной модели оптимизации работы перекрестка приведены в таблице 5. По таблице можно наблюдать, что уровень обслуживания перекрестка улучшен от F на B. Количество выбросов от транспортных средств и расход топлива снижено почти на 50 %. По другим параметрам тоже можно увидет значительное улучшение. Результаты достигнуты благодаря компьютерной модели перекрестка, разработанной с помощью симуляционной программы PTV VISSIM.

Литература

1. Khakimov Sh., Rajapova S., Amirqulov F., Islomov E. Road Intersection Improvement – Main Step for Emission Reduction and Fuel Economy. IOP

Conf. Series: Earth and Environmental Science 939 (2021) 012026 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/939/1/012026.

2. Mukhitdinov A., Kutlimuratov K., Khakimov Sh., Samatov R., Modelling traffic flow emissions at signalized intersection with PTV Vissim, E3S Web of Conferences, (2021), DOI: 10.1051/e3sconf/202126402051.
3. Mukhitdinov A., Kutlimuratov K., Assessing the operational impacts of road intersection using ptv vissim microscopic simulation. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, (2021), 18682-18690, 8(12).
4. Левашев А.Г., Михайлов А.Ю., Головных И.М. Проектирование регулируемых пересечений: Учебное пособие – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. – 208 с.