

- формирование комфортной среды для пешеходных и иных немоторизированных передвижений;
- последовательное сдерживание автомобильной мобильности;
- экологизацию и эстетизацию городской транспортной системы, т.е. обеспечение ее гармоничного сопряжения с ландшафтом, озеленением и архитектурной средой городского центра и т.д.

С учетом данных обстоятельств, необходимо отметить особую актуальность применения в планировочной практике проектных решений, направленных на создание зон совмещенного использования уличных пространств в городах. Внедрение и широкое распространение таких мер способствует реализации принципов создания благоприятной городской среды для передвижений, учитывающей баланс интересов различных пользователей уличным пространством (пешеходы, велосипедисты, автомобилисты) и повышению комфортности, безопасности и экологичности мобильности, а также созданию привлекательного внешнего вида городских улиц.

Необходима разработка соответствующей нормативно-технической базы и методических рекомендаций для успешного внедрения рассмотренного метода в практику ОДД, которое может выступать в качестве типового проектного решения в процессе городского транспортного планирования.

УДК 656.13

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ  
ТРАНСПОРТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ  
ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В Г. ГОМЕЛЕ  
APPLICATION SOFTWARE TRANSPORT MODELING  
FOR OPTIMIZATION TRAFFIC IN GOMEL**

*Скирко́вский С.В.*, магистр технических наук; *Галушко В.Н.*, кандидат технических наук; *Аземша С.А.*, кандидат технических наук  
(Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель)

*Skirkouski S.V.*, Master of Engineering; *Galushko V.N.*, Candidate of Technical Sciences; *Azemsha S.A.*, Candidate of Technical Sciences  
(Belarusian State University of Transport, Gomel)

**Аннотация.** *В статье рассмотрена методика расчета режимов работы светофорных объектов, препятствующая образованию общесетевых транспортных заторов. Выполнен сравнительный анализ существующего цикла светофорного регулирования с результатами моделирования в программе TRANSYT-7FR, а также цикла, рассчитанного по методике Ю.А. Врубеля с результатами моделирования данного цикла в той же программе.*

**Abstract.** *The article describes the method of calculation of modes of traffic lights, which prevents the formation of network-wide traffic congestion. A comparative analysis of the existing traffic light cycle control with the simulation results in the program TRANSYT-7FR, and the cycle calculated by the method of Y. Vrubel with the simulation results of the cycle in the same program.*

Рост автомобильного парка и увеличение объема перевозок приводит к увеличению интенсивности движения, что в условиях городов с исторически сложившейся застройкой приводит к возникновению транспортных проблем. Эти проблемы связаны с увеличением транспортных задержек, образованием очередей и заторов, что вызывает снижение скорости сообщения, неоправданный расход топлива и повышенное изнашивание узлов и агрегатов транспортных средств, а также ухудшение экологической ситуации участка дороги и росту аварийности.

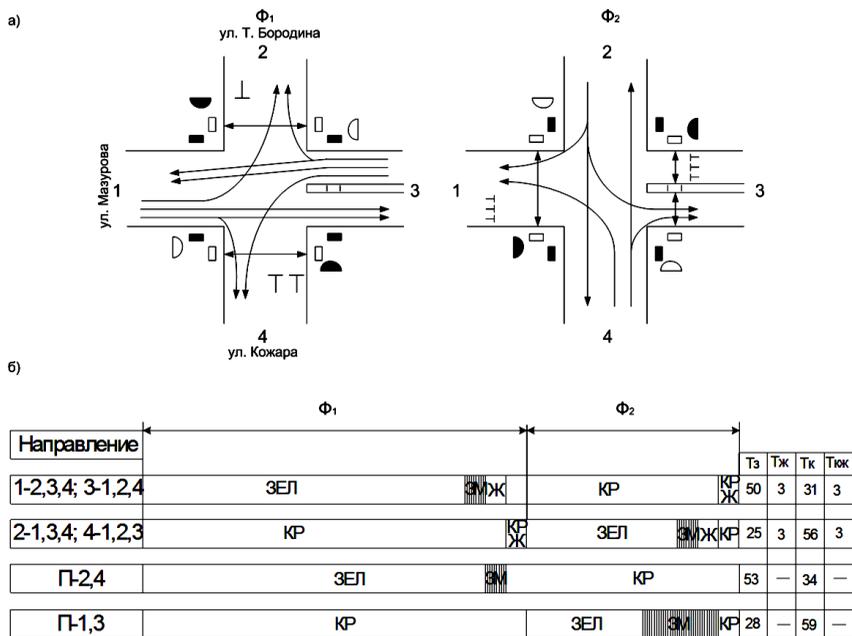
В данном исследовании задача нахождения режимов работы светофорных объектов была сформулирована как задача максимизации интенсивности движения в области управления при соблюдении баланса входящих и исходящих потоков на предварительно указанных транспортных связях. Данная постановка задачи позволяет исключить образование транспортного затора на магистральном направлении. Оценка эффективности метода была проведена на микроскопической модели фрагмента транспортной сети в программе TRANSYT-7FR [1, 2]. Выполнен сравнительный анализ существующего цикла светофорного регулирования с результатами моделирования в программе TRANSYT-7FR, а также цикла рассчитанного по методике Ю.А. Врубеля [3] с результатами моделирования данного цикла в программе TRANSYT-7FR. В качестве объекта изучения был принят регулируемый перекресток на пересечении улиц Мазурова, Кожара и Т. Бородина г. Гомеля.

Улица Мазурова является главной, улицы Кожара и Т. Бородина – второстепенными. Основной состав транспортного потока составляют легковые автомобили и общественный транспорт. Продолжительность цикла регулирования на исследуемом перекрестке составляет 87 с, светофорное регулирование – двухфазное. Схема пофазного движения и диаграмма регулирования представлены на рисунке 1.

На основании результатов натурных измерений для времени их наибольшей интенсивности на рисунке 2, *a* представлены интенсивности движения транспортных средств по полосам и интенсивность движения пешеходов (период времени с 17:00 до 18:00, час пик, 5 февраля, четверг).

Приведем некоторые особенности программы TRANSYT-7FR, обусловившие ее выбор. Данный программный продукт применим на уровне магистралей и сетей, где имеет место согласованное множество явно определенных дорожных условий, и аппаратное обеспечение системы регулирования

движения допускает возможность интеграции и координации с учетом фиксированной длительности цикла и общих значений параметров временных смещений.

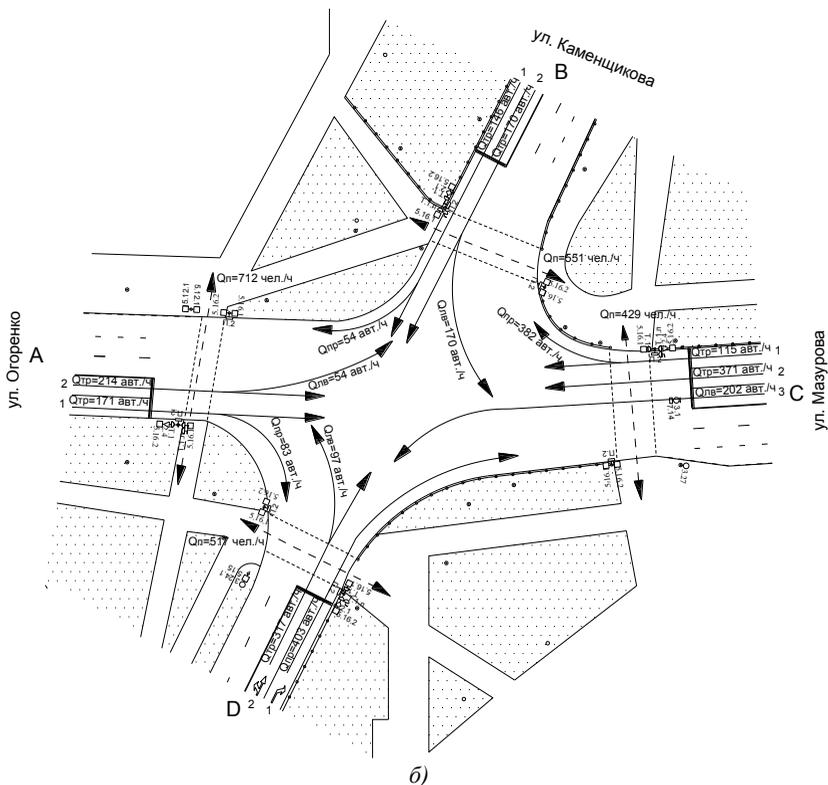


Φ<sub>1</sub>, Φ<sub>2</sub> – соответственно первая и вторая фазы регулирования;  
1–4 – направления движения на перекрестке; П – пешеходные потоки

**Рисунок 1** – Схема пофазного движения (а) и диаграмма регулирования (б)

TRANSYT-7FR оптимизирует режимы работы светофорных объектов, выполняя макромоделирование транспортного потока в течение малых интервалов времени с учетом возможности варьирования параметров планов. Важными свойствами оптимизационного процесса программы являются широкие возможности применения различных приемов поиска (метод кратчайшего спуска, генетический алгоритм), разнообразие подлежащих оптимизации целевых функций в различных сочетаниях (например, комбинации функций беспрепятственного движения, задержки, остановки, расхода топлива, пропускной способности и накопления очереди), возможность адаптации процесса в широких пределах и способность оптимизировать параметры продолжительности цикла и выбора последовательности фаз, длительности и смещения фаз.





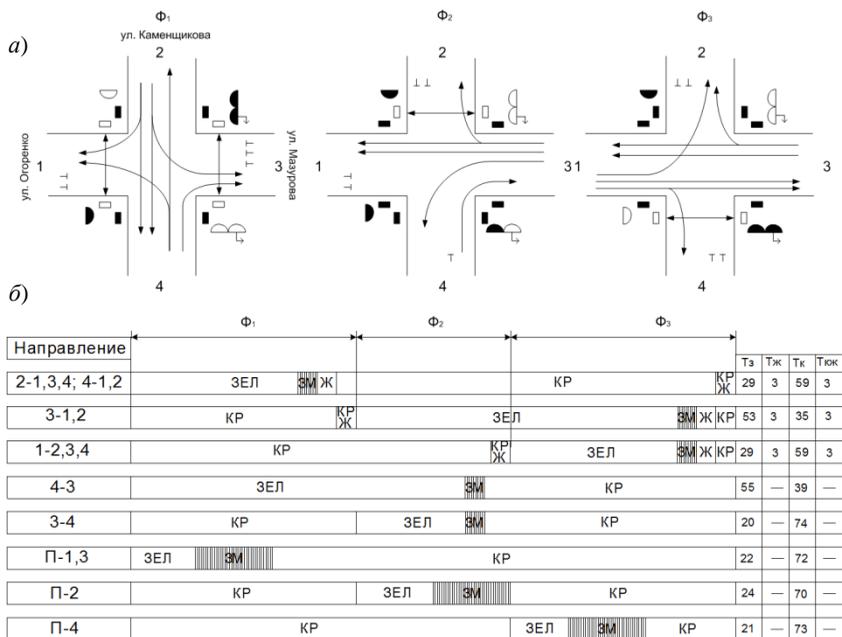
Окончание рисунка 2

Среди уникальных возможностей программы следует назвать способность анализировать двойные циклы, множественные фазы зеленого света, перекрытия, повороты направо на красный свет, нерегулируемые перекрестки, полосы для общественного транспорта и привилегированные полосы, «узкие места», общие полосы, запрещенные и/или разрешенные повороты налево, ограничения пропускной способности, определяемые пользователем, и степень насыщения по направлениям движения при использовании полностью активной схемы управления. К другим сферам применения инструмента относятся оценка и имитация «сгруппированных перекрестков» (наподобие ромбовидных или близкорасположенных перекрестков, управляемых одним контроллером), а также перекрестков, регулируемых знаками. Существует возможность импорта или экспорта данных из других программ по моделированию, например, TSIS, AIMSUN, ArteryLite, а также возможность осуществления экспорта в различные версии Transyt 14 и 15.

Результаты оптимизации: продолжительность цикла регулирования составляет 69 с, длительность первого основного такта составляет 39 с, второго – 18 с. Длительности первого и второго промежуточных тактов составляют по 6 с.

Сравнение существующего цикла на перекрестке с оптимизированным циклом при помощи программного продукта TRANSYT-7FR, показывает, что количество остановок уменьшилось на 9 %; время пробега (время пробега определяется как произведение интенсивности движения в сегменте и полного времени, проведенного на сегменте, включая задержки) уменьшилось на 8,1 %; индекс эффективности (показатель невыгодности: «задержки и остановки») уменьшился на 29 %; степень насыщения уменьшилась на 7 %, максимальная длина очереди уменьшилась на 19,5 %.

Был рассчитан светофорный цикл на этом же перекрестке по методике Ю.А. Врубеля. В соответствии с нормативами [3] на перекрестке должно быть организовано трехфазное светофорное регулирование (рисунок 3).



Ф<sub>1</sub>, Ф<sub>2</sub> – соответственно первая и вторая фазы регулирования;  
1–4 – направления движения на перекрестке; П – пешеходные потоки

**Рисунок 3** – Схема пофазного движения (а) и диаграмма регулирования (б)

Результаты оптимизации с помощью TRANSYT-7FR: продолжительность цикла регулирования составляет 92 с. Длительность первого основного такта составляет 41 с, второго – 14 с, третьего 21 с. Длительности первого промежуточного такта – 4 с, второго и третьего – 6 с.

При сравнении трехфазного светофорного цикла, рассчитанного по методике Ю.А. Врубеля с циклом оптимизированным при помощи программного продукта TRANSYT-7FR, можно сделать вывод: время пробега уменьшилось на 10 %; средняя скорость на сегментах увеличилась на 12,3 %; индекс эффективности уменьшился на 24,2 %; максимальная длина очереди уменьшилась на 19,9 %.

При расчете задержек использовался подход, предложенный Ф. Вебстером [4], который рассматривает две составляющие суммарной задержки – детерминированную и случайную. Результаты расчета задержек транспортных средств и пешеходов разными способами представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета задержек транспортных средств и пешеходов разными способами

Вход	Существующий цикл (2 фазы), с		TRANSYT-7FR (2 фазы), с		Методика Ю.А. Врубеля (3 фазы), с		TRANSYT-7FR (3 фазы), с	
	транспортные	пешеходные	транспортные	пешеходные	транспортные	пешеходные	транспортные	пешеходные
А	8454	4639	7076	3877	23182	8189	19080	6360
В	2647	525	2300	417	4228	1392	3334	1115
С	11376	4139	9539	3459	34356	7306	30579	5675
Д	2867	1403	2456	1113	4576	3719	3568	2979
Суммарные задержки	25344	10706	21371	8866	66342	20606	56561	16129
Сумма	36050		30237		86948		72690	

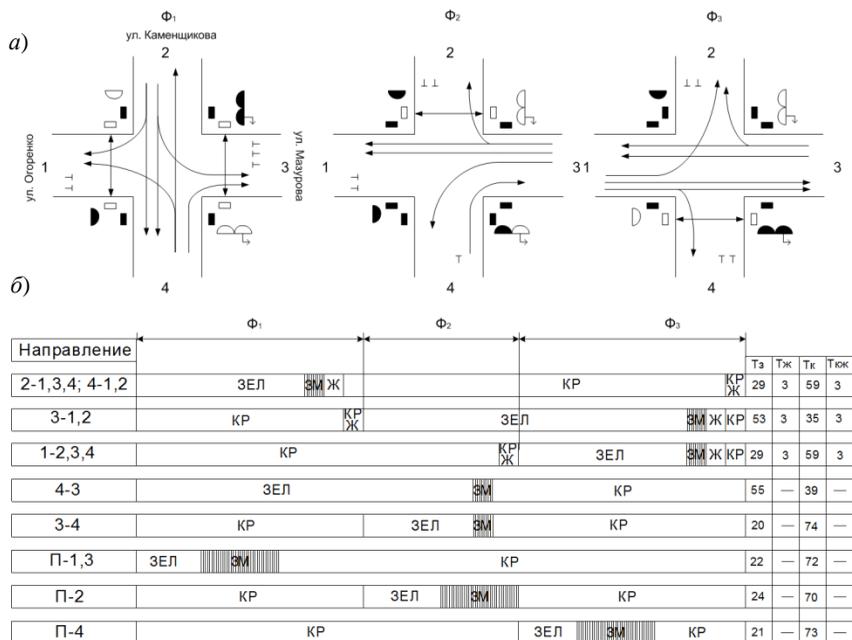
Таким образом, применение оптимизации светофорного цикла в программе TRANSYT-7FR позволяет снизить задержки транспортных средств и пешеходов на 15,7 % и 17,2 % по сравнению с существующим циклом, а в сравнении с методикой Ю.А. Врубеля – соответственно на 14,7 % и 21,7 %.

Приведем результаты исследования по расчету двух связанных перекрестков при помощи программы TRANSYT (зеленая волна).

В качестве объекта исследования были выбраны два связанных перекрестка: пересечение улиц Мазурова, Кожара, Т. Бородина и Каменщикова, Мазурова, Огоренко (рисунок 2, б).

Продолжительность цикла регулирования на исследуемом перекрестке составила 94 с, светофорное регулирование – трехфазное. Схема пофазно-

го движения и диаграмма регулирования представлены на рисунке 4. Выполним процедуру оптимизации беспрепятственного движения между двумя перекрестками. Из списка возможных оптимизаций выбираем – PROS/DI, в качестве показателя невыгодности (DI) рассматриваются задержки транспорта. Выбор функции «PROS/DI» обусловлен тем, что такая функция позволяет избежать перенасыщения на второстепенных направлениях, т.е. решается задача максимизации беспрепятственного движения для всех направлений.



Φ<sub>1</sub>, Φ<sub>2</sub> – соответственно первая и вторая фазы регулирования;  
 1–4 – направления движения на перекрестке; П – пешеходные потоки

Рисунок 4 – Схема пофазного движения (а) и диаграмма регулирования (б):

Результаты расчета оцениваются различными показателями, в том числе:  
 – критерием продуктивности (оценивает среднюю долю цикла, используемую для беспрепятственного движения), в нашем случае он составил 34 % в обоих направлениях, что соответствует хорошим условиям организации беспрепятственного движения;

– критерием достижимости (средняя доля минимальной продолжительности зеленого в прямом направлении, используемую для беспрепятственного движения), в нашем случае он достигает 100 %.

Таким образом, программная процедура анализа беспрепятственного движения позволила: уменьшить количество остановок на двух перекрестках на 11 %, снизить модельный расход топлива на 17,8 %; увеличить среднюю скорость на 3,3 %; уменьшить время пробега на 26,1 %; сократить длину очереди автомобилей в среднем на 35,7 %.

Суммарные потери от задержек и остановок транспорта, потерь от задержек пешеходов и суммарных экономических потерь на перекресток в целом составили (у.е./год): существующий цикл – 190190; цикл, рассчитанный при помощи TRANSYT-7FR (2 фазы) – 149000; по методике Ю. А. Врубеля (3 фазы) – 341000; TRANSYT-7FR (3 фазы) – 295000.

Анализ результатов исследований цикла светофорного регулирования указывает на значимое повышение эффективности организации дорожного движения перекрестка (пропускная способность, скорость движения за счет применения программы транспортного имитационного моделирования TRANSYT-7FR.

Практическая значимость заключается в существенном уменьшении задержек транспортных средств и пешеходов на перекрестке, в том числе при исследовании беспрепятственного движения между большим числом связанных перекрестков, а следовательно – в снижении потерь в дорожном движении.

## Литература

1. AGA Group Inc. [Электронный ресурс] / Оптимизационный пакет регулирования ДД TRANSYT 7FR. – Гомель, 2015. – Режим доступа: <http://www.againc.net/ru/production/its/programms/TRANSYT> – Дата доступа: 23.01.2015.
2. BIARUM [Электронный ресурс] / TRANSYT-7FR – Гомель, 2015. – Режим доступа: [http://www.biarum.com/wp-content/uploads/2011/06/tran\\_prez1.PDF](http://www.biarum.com/wp-content/uploads/2011/06/tran_prez1.PDF) – Дата доступа: 19.03.2015.
3. Врубель, Ю.А. Методические указания к курсовому проектированию для студентов специальности «Организация дорожного движения» для студентов специальности Т.04.03 – «Организация движения и управления на транспорте» специализации Т.04.03.02 «Организация дорожного движения»/ Ю.А. Врубель. – Минск: БНТУ, 1999. – 49 с.
4. Врубель, Ю.А. Характеристики дорожного движения: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-44.01.02 «Организация дорожного движения» / Ю.А. Врубель. – Минск: БНТУ, 2007. – 268 с.