

- производства РЭС: сб. матер. IV Междунар. науч.-техн. конф., Новополоцк, 25–26 мая 2006 г.: в 2 т. – Новополоцк: ПГУ, 2006. – Т. 2. – С. 210–214.
13. Dondelewski, H. Jakościowy dobór składników kompozytu betonowego / H. Dondelewski, M. Januszewski // *Beton cementowe. Zagadnienia wybrane.* – Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. – 2008. – P. 85–88.
14. Холлендер, М. Непараметрические методы статистики / М. Холлендер, Д. Вулф. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 518 с.
15. Дереченник, С.С. Закономерности топологической неупорядоченности в плоских сечениях и объемах дисперсных систем / С.С. Разумейчик, В.С. Разумейчик, В.В. Тур // *Вестник БрГТУ.* – 2005. – №2(32): Строительство и архитектура. – С. 18–25.

Материал поступил в редакцию 13.01.16

**DIVINETS A.A., DERECHENNIK S.S., RAZUMEICHYK V.S. Choice of the probabilities distribution law for a model dispersity description of the concrete composition aggregate**

The analysis of the known models describing size (granulometric) composition of the polydisperse phases obtained by crushing solids is carried out. Weibull distribution is found by means of statistical hypothesis testing to have good agreement with the experimental data of particles sizes for the concrete composition coarse and fine aggregates. This distribution is recommended as a priority one in case of to the multi-level structural and geometrical modeling cement systems.

УДК 656.13.05

**Шуть В.Н., Талатай С.В., Анфилец С.В., Согоян А.Л., Кардаш Н.Н.**

### АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СЛОЖНЫМ ПЕРЕКРЕСТКОМ

**Введение.** Основным инструментом управления транспортными потоками в улично-дорожной сети (УДС) города на настоящий момент являются светофоры. Светофоры, как средство управления транспортным движением на перекрестках, используются уже на протяжении столетия без принципиальных изменений, в то время как растущее число АТС (автотранспортное средство) создает дорожные заторы. Известно, что главными точками торможения и переполнения улиц АТС являются светофорные перекрестки. Светофоры настроены жестким, последовательным внутренним алгоритмом, никак не связанным с транспортным потоком, многократно изменяющимся в течение суток. На начальных этапах внедрения светофоров в УДС (в условиях незначительных транспортных потоков) не предполагалась задача оптимизации эффективного разъезда транспорта на перекрестке. Назначением светофорного объекта (СФО), его целевой функцией долгое время оставалось обеспечение бесконфликтного разъезда АТС.

Следующим шагом улучшения светофорного регулирования (СФР) стало внедрение многопрограммного управления перекрестком [1]. Так, если определена статистическая зависимость транспортного потока от времени на подходах к перекрестку, то для определенных (характерных) интервалов времени можно предварительно рассчитать соответствующие программы СФР, которые выбираются автоматически в зависимости от времен суток. Многопрограммное СФР следует рассматривать как очередной шаг на пути усовершенствования режимов СФР.

Очевидно, что при управлении в жестком режиме нестационарность движения принципиально не может отражаться на управляющих действиях. Реальные изменения интенсивности движения требуют соответствующей трансформации длительности фаз и циклов регулирования. При этом параметры управления должны учитывать не только суточные изменения транспортного потока, но и случайные колебания за короткий промежуток времени, совместимые с циклом СФР. Это становится возможным только при употреблении принципа гибкого (адаптивного) регулирования, в основание которого положена обрат-

ная связь с транспортным потоком [2–4]. Такое управление реализуется с помощью детекторов транспорта, которые обеспечивают автоматический мониторинг характеристик транспортного потока (интенсивности, плотности, интервалов движения и т.д.). При этом параметры регулирования (длительность цикла и фаз регулирования, их очередность) автоматически рассчитываются на базе информации по реальным изменениям характеристик уличного движения. При таком подходе система становится замкнутой, отпадает необходимость в предварительном статистическом анализе объекта, что значительно упрощает процесс управления на перекрестках.

Таким образом, основным недостатком жесткого программного регулирования является отсутствие обратной связи с транспортным потоком, что приводит к целому ряду недостатков, в результате чего увеличиваются потери всех видов, включая и социальные. Практически, каждому водителю часто приходилось останавливаться перед КС (красным сигналом) светофора, в то время как на пересекаемой улице не было ни транспорта, ни пешеходов. Часто такие ситуации провоцируют нарушение Правил, что приводит к социальным потерям, а нередко – и к аварийным.

Адаптивное регулирование в некоторой степени уменьшает эти потери. Оно заключается в том, что продолжительность светофорного цикла (СФЦ) или отдельных его фаз изменяется в определенных пределах в зависимости от транспортной нагрузки. Такое регулирование возможно при наличии обратной связи, реализуемой с помощью детекторов транспорта [5], дающих информацию о некоторых параметрах ТП.

**1. Недостаточность механизмов управления транспортными потоками.** Под управлением транспортными потоками или управлением движением понимается организация потоков транспортных средств (трафика движения) в выделенном пространстве движения с целью обеспечения безопасности движения, с одной стороны, и оптимизации использования пространства движения, с другой сто-

**Шуть Василий Николаевич**, к.т.н., доцент кафедры «Интеллектуальные информационные технологии» Брестского государственного технического университета

**Анфилец Сергей Викторович**, старший преподаватель кафедры «Интеллектуальные информационные технологии» Брестского государственного технического университета.

**Согоян Алексей Леонович**, аспирант кафедры «Интеллектуальные информационные технологии» Брестского государственного технического университета.

**Кардаш Николай Николаевич**, аспирант кафедры «Интеллектуальные информационные технологии» Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

**Талатай Сергей Валерьевич**, начальник УГАИ УВД Брестского облисполкома.

роны. Движение АТС осуществляется и регламентируется набором правил дорожного движения. Объектом управления является транспортный поток. Исполнительные механизмы, воздействующие на объект управления, – это светофоры.

Методы управления транспортными потоками обеспечивают непосредственное влияние на транспортные потоки с целью оптимизации их параметров. Данные методы направлены на разделение транспортных потоков во времени и пространстве, формирования однородных по составу транспортных потоков, оптимизации скоростного режима, обеспечения приоритета движения городского пассажирского транспорта. К наиболее эффективным относятся различные методы локального, магистрального и сетевого управления [6] сигналами светофоров. Методы управления транспортными потоками уже много лет широко используются в практике организации дорожного движения.

Природа транспортного потока носит вероятностный характер. Общее желание организаторов движения – иметь управляемую систему. После того как стало понятно, что ключевыми технологиями в управлении чем бы то ни было являются информационные технологии, сама сфера организации движения на сегодняшний момент наиболее активно развивается под флагом информационных технологий. Тут важно заметить, что использование информационных технологий необходимо рассматривать уже на "статических" этапах организации движения (например, предписывая использование тех или иных стандартов на бортовую аппаратуру и аппаратуру инфраструктурного обеспечения пространства движения).

Укажем несколько причин суточной нестабильности плана координации. Это различное число  $N_i$  автомобилей, заполняющих улично-дорожную сеть города в  $i$ -й день (недели, месяца). От плотности заполнения автомобилями улично-дорожной сети города зависит скорость движения, согласно основному закону транспортной теории (выше плотность – ниже скорость) [7], а, следовательно, отсюда идет нарушение плана координации.

Актуальной задачей является снижение нагрузки, количества пробок за счет эффективного регулирования потоками автомобилей на перекрестках. Качественное регулирование позволяет решать ряд проблем: сокращение времени простоя автомобилей на перекрестке; уменьшение расхода топлива автомобилями; уменьшение износа механических частей автомобиля; сокращение вредных выбросов в окружающую среду, особенно в пиковые периоды.

Многие из поставленных задач можно решить благодаря широкому внедрению информационных технологий в управление движением АТС. И следует отметить, что делается в этом направлении очень мало. Общество, и в частности органы городского управления считают, что потери в дорожном движении (колоссальные) неизбежны. Хотя это не так, и есть возможность эти потери значительно сократить.

**2. Анализ сложного перекрёстка и его графы.** Перекрёсток в УДС является конфликтной зоной. Светофорное регулирование предназначено для поочерёдного пропускания конфликтующих участников дорожного движения (ДД). Так, на рис. 1 число конфликтующих участников ДД равно 16, то есть по числу транспортно-пешеходных потоков. Здесь имеем:

- четыре пешеходных потока  $X_p = \{X_{п1}, X_{п5}, X_{п9}, X_{п13}\}$ ;
- четыре транзитных транспортных потока  $X_{тт} = \{X_{тт3}, X_{тт7}, X_{тт11}, X_{тт15}\}$ ;
- четыре правоповоротных транспортных потока  $X_{тп} = \{X_{тп2}, X_{тп6}, X_{тп10}, X_{тп14}\}$ ;
- четыре левоповоротных транспортных потока  $X_{тл} = \{X_{тл4}, X_{тл8}, X_{тл12}, X_{тл16}\}$ .

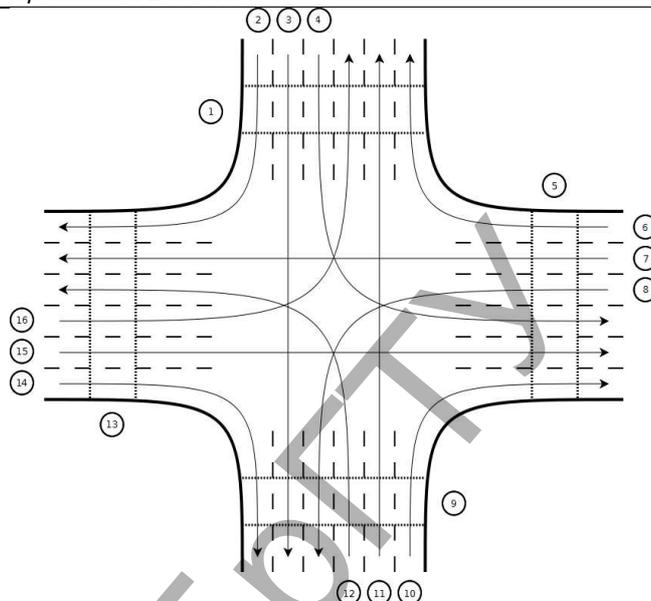


Рис. 1. Транспортные и пешеходные потоки перекрестка

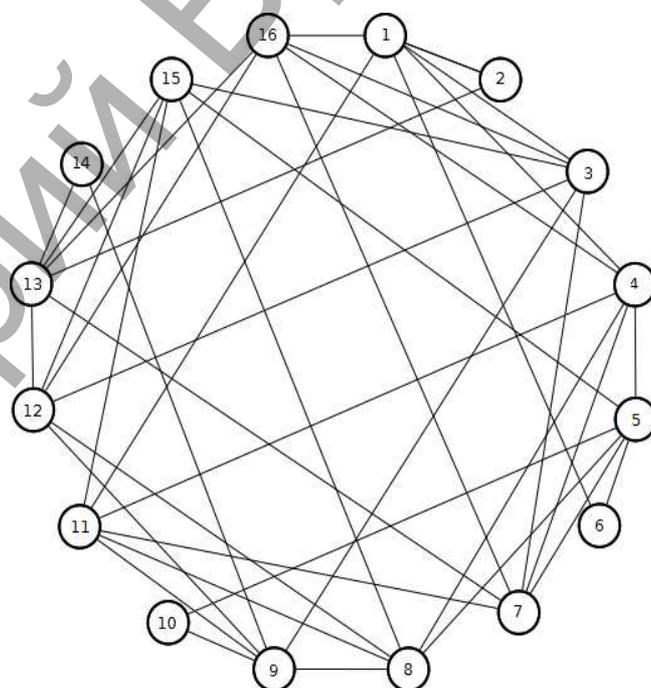


Рис. 2. Граф пешеходно-транспортных потоков

Переменная  $X$  означает число пешеходов либо транспортных единиц на конкретном направлении движения перекрестка. Построим граф перекрёстка или граф пешеходно-транспортных потоков (рис. 2). Вершины графа соответствуют транспортным потокам. Две вершины графа соединены ребром, если соответствующие траектории движения этих потоков в зоне перекрёстка имеют точки пересечения (конфликтные точки) [8].

Вынесение пешеходных потоков из зоны перекрёстка путём обустройства подземных переходов позволяет упростить граф пешеходно-транспортных потоков, резко сократить число конфликтных точек (рис. 3).

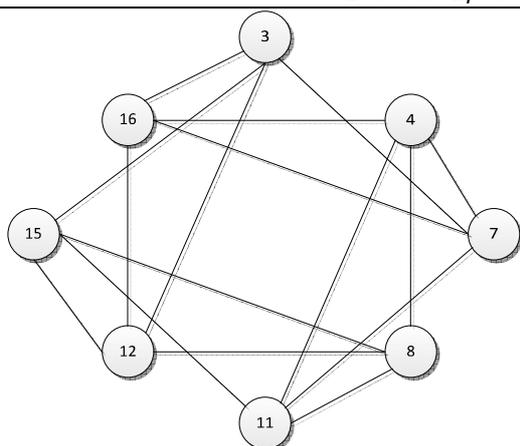


Рис. 3. Граф транспортных потоков

Среди большого разнообразия перекрестков в УДС города следует особо выделить перекрестки высокой напряженности пешеходно-транспортных потоков. Это, прежде всего, перекрестки, образованные пересечением нагруженных магистралей, проходящих по городу и связывающих транспортной коммуникацией районы города (рис. 4). Перекресток образуется пересечением многополосных магистралей с интенсивностью движения по каждой полосе более 1000 авт/час в течении 12 часов в сутки. Обычно число таких перекрестков в городе составляет 5–7% от общего числа регулируемых светофорной сигнализацией перекрестков. Тем не менее, примерно 90% пробок, заторов и аварий приходится на эти перекрестки.

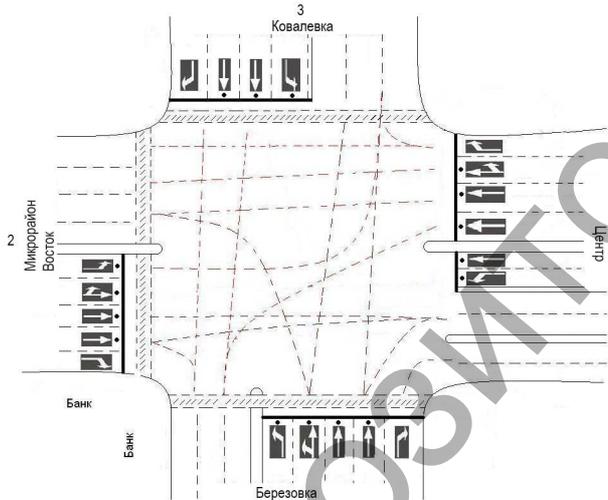


Рис. 4. Сложный перекресток пересечения двух магистралей с датчиками фиксации движения на стоп-линии

Решить транспортную проблему на таком перекрестке возможно тремя способами:

- 1) реконструкцией перекрестка путем увеличения числа полос движения;
- 2) оптимизацией процесса управления светофорной сигнализацией перекрестка (адаптивное управление);
- 3) оптимизацией процесса управления светофорной сигнализацией смежных перекрестков.

Из-за плотной городской застройки реконструкция часто невозможна. В данном, частном случае, такая реконструкция была проведена. Существенно увеличена пропускная способность перекрестка за счет расширения числа полос движения. Но, как любая инженерная многокритериальная задача, улучшение одного параметра повлекло ухудшение другого. Так расширение проезжей части привело к увеличению длины пешеходных переходов, а следовательно, и времени, необходимому на такой переход. Суммарное минимальное время по каждому переходу, необходимое для пешеходов, опреде-

лено длительность светофорного цикла  $T_u$ . Цикл возрос, а с его изменением рассогласовалась координация по координированной магистрали, время цикла в которой значительно ниже  $T_u$ .

Реализация на перекрестке четырехфазного цикла (рис. 5) исключает возможность конфликта внутри фазы, и, следовательно, степень аварийности на перекрестке приближена к нулю.

Безопасность пешеходов также повысилась, хотя время нахождения пешеходов в опасной зоне возросло и вроде безопасность должна снизиться, но за счет устранения более скоростных левоповоротников эта безопасность повысилась. Теперь пешеходы входят в конфликт только с низкоскоростными АТС, поворачивающими направо.

На рис. 5 для каждой из четырех фаз изображены только активные пешеходные переходы в фазе. Так, в первой фазе (рис. 5а) отсутствует разрешение на движение пешеходов, то и изображение пешеходного перехода на рис. 5а) отсутствует.

### 3. Адаптивное управление сложным перекрестком.

Жестокое программное регулирование не имеет обратной связи с ТП, что приводит к целому ряду недостатков, в результате чего увеличиваются потери всех видов, включая и социальные. Практически, каждому водителю часто приходилось останавливаться перед КС СФ, в то время как на пересекаемой улице не было ни транспорта, ни пешеходов. Часто такие ситуации провоцируют нарушение Правил, что приводит к социальным потерям, а нередко – и к аварийным. Адаптивное регулирование в некоторой степени уменьшает эти потери. Оно заключается в том, что продолжительность СФЦ или отдельных его фаз изменяется в определенных пределах в зависимости от транспортной нагрузки. Такое регулирование возможно при наличии обратной связи, реализуемой с помощью детекторов транспорта, дающих информацию о некоторых параметрах ТП.

Локальное адаптивное управление длительностью цикла и длительностями фаз. Локальное адаптивное управление длительностью цикла и длительностями фаз – наиболее часто используемый класс методов адаптивного управления, нашедших применение в зарубежной практике. Отсутствие широкого опыта применения у нас таких методов отражает традиционное отставание в использовании автоматизированных методов светофорного регулирования. Класс методов довольно широк и включает в себя:

- 1) методы разъезда очереди;
- 2) методы поиска разрыва и его модификации;
- 3) методы расчетного определения длительностей цикла и фаз;
- 4) метод прогноза прибытий.

На рис. 4 перед стоп-линией большими точками изображены датчики индуктивного типа по каждой полосе движения. Для адаптивного управления в данном варианте используется первый метод (разъезд очереди). Активная фаза продолжается до тех пор, пока над датчиками через стоп-линию есть движение АТС. Для реализации метода разъезда очереди используется принцип разрыва транспортного потока. Управляющими параметрами метода являются:

- $t_k^{\min}$  – минимальное значение длительности основного такта фазы  $K$ ;
- $t_k^{\max}$  – максимальное значение длительности основного такта фазы  $K$ ;
- $t_{эк}$  – экипажное время.

В данном варианте перекрестка минимальная длительность основного такта продиктована необходимостью предоставления пешеходам достаточного времени для перехода (если в фазе осуществляется движение пешеходов). В трех фазах осуществляется движение пешеходов. Причем из-за того, что пешеходные переходы длинные, то это время  $t_k^{\min}$  равно 25 сек. Итого, по трем фазам 75 сек, чем и определяется большая длительность светофорного цикла  $T_u$  (110 сек).

Большое  $t_k^{\min}$  ограничивает пространство адаптации, и только за счет первой фазы, в которой отсутствует пешеходный переход, возможен некоторый резерв для адаптивного управления. Величина этого резерва за счет временных колебаний может быть до 15 сек. Следовательно, эта экономия времени может передаваться другим фазам, улучшая их работу и давая пешеходам большее время на преодоление пешеходного перехода. В связи с тем, что для трех фаз  $t_k^{\max} = t_k^{\min}$  и, следовательно, пространство адаптации отсутствует, то датчики (рис. 4) по этим направлениям не нужны и только с входа 1 в перекресток необходимы датчики.

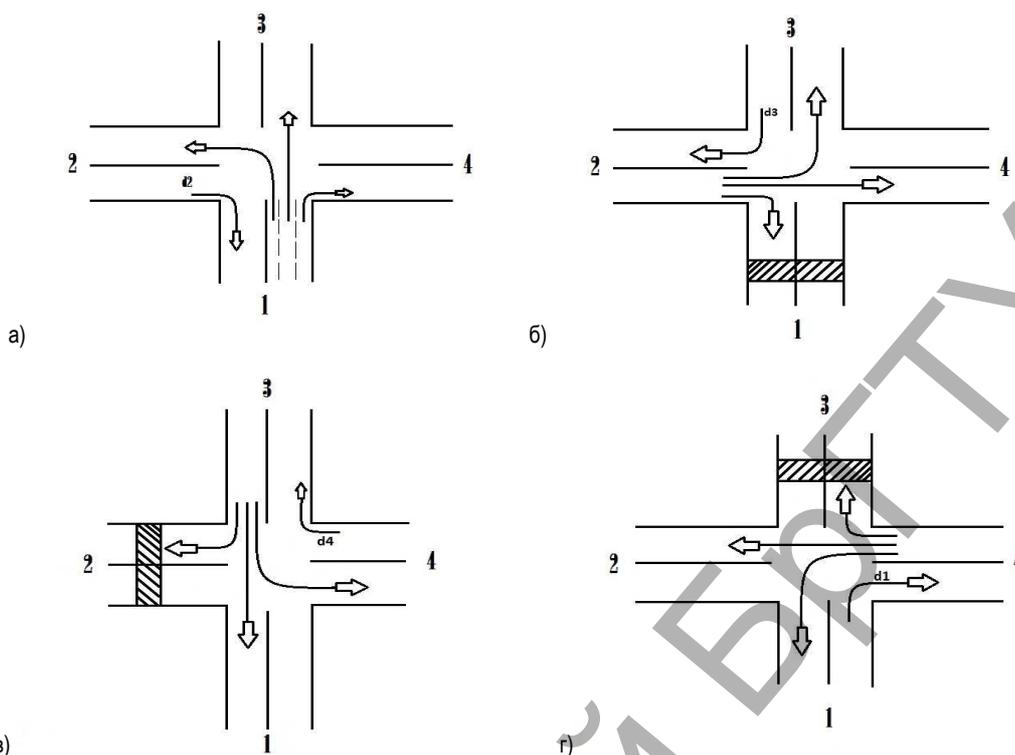


Рис. 5. Фазы светофорной сигнализации сложного перекрестка

Алгоритм фиксации момента разъезда очереди (только на входе 1) работает следующим образом: с началом основного такта на этом входе в перекресток фиксируется прохождение автомобилями контролируемого датчиками сечения, и каждый автомобиль, проходящий через сечение в период отработки основного такта, продлевает его минимальную длительность на величину экипажного времени, тем самым обеспечивая свой проход через стоп-линию во время текущего такта. Основной такт заканчивается, если достигнута его максимальная длительность или в контролируемом сечении в течение экипажного времени не появился ни один автомобиль после истечения минимальной длительности, то есть в транспортном потоке появился разрыв. То есть все АТС ожидавшие в очереди перед светофором прошли. Экипажное время  $t_{ЭК}$  или длительность разрыва здесь достаточна в 2 сек.

Другой вариант расположения датчиков показан на рис. 6. Датчики расположены за 100 метров от стоп-линии. Автомобиль при скорости 60 км/час проезжает это расстояние за 6 сек., что и берется за экипажное время  $t_{ЭК} = 6$  сек. Таким образом будут пропущены не только АТС, находящиеся в ожидании перед светофором, но и АТС, приближающиеся к светофору и попавшие в промежуток  $t_{ЭК}$ . Данный вариант расположения датчиков является более предпочтительным в сравнении с расположением датчиков в непосредственной близости от стоп-линии, так как позволяет и АТС, подъезжающим к перекрестку во время рассасывания очереди, также проехать перекресток в текущем светофорном такте.

В общем случае место расположения датчиков относительно стоп-линии требует дополнительного исследования и зависит от режимов работы предшествующих светофорных объектов. Такие исследования возможно провести с использованием компьютерной программы имитационного моделирования на транспортных потоках с различными законами распределения случайной величины.

Необходимо отметить, что датчики на полосе правоповоротных АТС возможно не ставить (рис. 4, 6), так как эти АТС внутри одного светофорного цикла имеют разрешение на движение в двух фазах и таким образом их проезд всегда обеспечен.

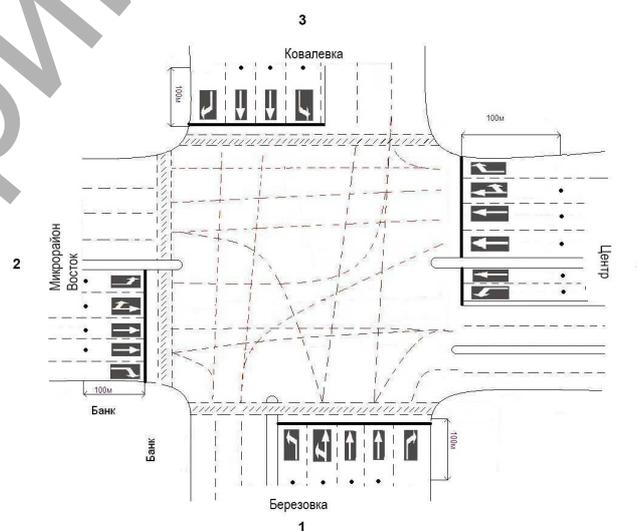


Рис. 6. Сложный перекресток пересечения двух магистралей с датчиками фиксации движения за 100 м от стоп-линии

Из наблюдения за перекрестком установлено, что входы 1 и 3 в перекресток имеют более низкую интенсивность движения АТС по сравнению со входами 2 и 4 (рис. 6). На входах 2 и 4 в некоторые периоды суток наблюдаются очереди из АТС. Сгладить ситуацию, частично разгрузить эти входы возможно путем перевода перекрестка в режим адаптивного управления. Как уже было отмечено выше, это можно сделать только за счет первой фазы светофорного цикла (вход 1), в которой отсутствует пешеходный переход. Стоимость такого решения невысокая, так как датчиками движения необходимо оборудовать только четыре полосы входа 1 (рис. 6).

**Закключение.** Реконструкция перекрестка, расширение его проезжей части увеличило его пропускную способность. Введение четырехфазного светофорного регулирования существенно повысило безопасность движения при пересечении перекрестка. Негативными

факторами, сопутствующими такой реконструкции, стало увеличение длин пешеходных переходов и увеличение светофорного цикла. Дальнейшим техническим мероприятием на данном сложном перекрестке должно стать частичное введение адаптации по входу 1 в перекресток. Сэкономленное таким образом время в цикле будет передаваться более нагруженным входам 2 и 4, и особенно входу 2, имеющему самый длинный пешеходный переход. Этим повысится безопасность пешеходов.

Исследования проводятся в рамках международной программы TEMPUS проекта «Белорусская сеть обеспечения безопасности на дорогах» (Номер проекта: 544181-TEMPUS-1-2013-1-IT-TEMPUS-JPCR, номер гранта: 2013-4550/001-001).

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Врубель, Ю.А. Определение потерь в дорожном движении / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, Е.Н. Кот. – Минск, 2003. – 21 с.
2. Анфилец, С.В. Адаптивный алгоритм управления на основе поэтапной настройки светофорных объектов по магистрали: доклады БГУИР / С.В. Анфилец, В.Н. Шуть. – Минск: БГУИР, 2010. – С. 79–86.

3. Anfilets, S. Evaluating The Effectiveness Of The Adaptive Control System In Brest Region / S. Anfilets, V. Shuts // International Congress Of Heavy Vehicles, Road Trains And Urban Transport. – Минск, 2010. – С. 222–226.
4. Anfilets, Sergey The Use of Natural Optimisation Algorithms for the Implementation of Adaptive Control at the Crossroad: доклады 12-ой Международной конференции «Reliability and Statistics in Transportation and Communication» / Sergey Anfilets, Vasili Shuts. – Рига, 17–20 октября 2012 – С. 68–69.
5. Кременец, Ю.А. Технические средства организации дорожного движения / Ю.А. Кременец, М.П. Печерский, М.Б. Афанасьев. – М.: Академкнига, 2005. – 76 с.
6. Dell’Olimo, P. REALBAND: An Approach for Real-Time Coordination of Traffic Flows on a Network / P. Dell’Olimo, P.B. Mirchandani // Transportation Research Record. – 1995. – 1494. – P. 106–116.
7. Дрю, Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Д. Дрю. – М.: Транспорт, 1972. – 24 с.
8. Шуть, В.Н. Графовая модель регулируемого перекрестка при заторе // Проблемы и перспективы развития евроазиатских транспортных систем: материалы четвертой Международной научно-практической конференции. – Челябинск, 2012. – С. 327–334.

Материал поступил в редакцию 27.12.15

#### SHUT V.N., TALATAI S.V., ANFILETS S.V., SOGOYAN A.L., KARDASH N.N. Adaptive management of the difficult intersection

In a street road network of the city it is necessary to distinguish from a big variety of intersections especially intersections of a high tension of foot and transport streams. It, first of all, the intersections formed by crossing of the loaded highways passing around the city and connecting transport communication districts of the city. In article the method of the analysis of such intersections is considered and recommendations about improvement of their characteristics are made. To smooth a situation, partially to unload the intersection, it is possible by transfer of the intersection to the mode of adaptive management.

УДК 004.4

Мухов С.В., Муравьев Г.Л., Парфомук С.И.

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ЭКОНОМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

**Введение.** При изучении технологий обработки данных актуально максимальное приближение к предметной области с учетом будущей специальности обучаемых. То есть, необходимо в качестве рабочего материала использовать системы с перспективой использования полученных навыков в будущем. При этом пользователя, как правило, интересует качество системы, ее надежность и стоимость. Одним из способов изучения систем будущими экономистами с такой точки зрения является реализация классической модели обработки экономических данных с использованием различных инструментальных сред с целью их изучения и сравнительного анализа.

**Модель обработки данных, используемая в системах экономического назначения, и элементы ее реализация.** Функциональная схема обработки данных, согласно модели классического бухгалтерского учетного цикла, приведена на рис.1.

На предлагаемой для реализации в программной системе схеме обработки данных можно видеть, что:

- на основании картотеки первичных документов формируется Регистрационный журнал;
- на основании Регистрационного журнала формируется Книга счетов (в Книге счетов поля уровня отчета и поля для суммирования в отличие от Регистрационного журнала выделены отдельно, что позволяет использовать классические генераторы отчетов);
- на основании Книги счетов формируется балансовая отчетность;

- занесение кода документа и, соответственно, видов аналитики по документу в картотеку первичных документов выполняется из справочника «Определение первичных документов»;
- занесение кодов аналитики по документу в картотеку первичных документов выполняется с использованием фильтра «вид аналитики» из справочника «Коды аналитического учета»;
- занесение кода хозяйственной операции в картотеку первичных документов выполняется с использованием фильтра «код документа» из справочника «Типовые хозяйственные операции»;
- занесение кодов вида аналитики, необходимых для конкретного документа в картотеку «Определение первичных документов», выполняется из справочника «Виды аналитики»;
- занесение кода вида аналитики в картотеку «Коды аналитического учета» при указании объекта аналитического учета выполняется из справочника «Виды аналитики»;
- занесение кодов вида аналитики, используемых при операциях по счету в картотеку «План счетов», выполняется из справочника «Виды аналитики»;
- занесение кода документа в картотеку «Типовые хозяйственные операции» выполняется из справочника «Определение первичных документов»;
- занесение кодов «счет по дебету», «счет по кредиту» при определении хозяйственной операции в картотеку «Типовые хозяйственные операции» выполняется из справочника «План счетов».

**Мухов Сергей Владимирович**, к.т.н., доцент кафедры информатики и прикладной математики Брестского государственного технического университета.

**Муравьев Геннадий Леонидович**, к.т.н., доцент, профессор кафедры интеллектуальных информационных технологий Брестского государственного технического университета.

**Парфомук Сергей Иванович**, к.т.н., зав. кафедрой информатики и прикладной математики Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Физика, математика, информатика