

Шуть В.Н.

## ПОДДЕРЖКА РЕШЕНИЙ И АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ВКЛЮЧЕНИЯ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОФОРНЫМ ОБЪЕКТОМ НА ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ

**Введение и постановка задачи.** Совсем недавно проблемы координации и управления транспортными потоками на улично-дорожных сетях (УДС) не были столь актуальными. В условиях не слишком высоких нагрузок УДС функционировали достаточно эффективно, и их деятельность не приводила к серьезным перебоям и отказам в обслуживании. В последние годы рост уровня автомобилизации и транспортной подвижности населения привел к насыщению городских улиц, что явилось причиной переоценки принципов управления транспортными потоками [1].

Статистические данные интенсивности движения на магистральных улицах США и Европы свидетельствуют о том, что именно на магистральных сосредотачиваются основные транспортные потоки, другими словами, выполняется принцип «концепции концентрации» [2], что вызывает в последнее время существенный интерес к совершенствованию управления транспортными потоками на городских дорогах и магистральных улицах. Ежегодное увеличение транспортной нагрузки на основные магистрали приводит к устойчивому снижению скорости движения транспортного потока и образованию заторовых ситуаций.

Применение светофорной сигнализации дает возможность обеспечить поочередный пропуск транспортных средств и пешеходов. Как правило, режим светофорного регулирования рассчитывается исходя из объемов конфликтующих транспортных потоков, а затем проверяется на удовлетворение потребностей пешеходного движения.

Существуют различные подходы к решению современных проблем дорожно-транспортного движения, важнейшим элементом которого являются транспортные потоки. Принятие решений по управлению транспортными потоками предполагает рассмотрение дороги с разных позиций – с позиции водителей, жителей населенного пункта, инвесторов и т.д. Поэтому решения по управлению транспортными потоками чаще всего принимаются не одним человеком, а группой лиц – лицами, принимающими решение (ЛПР). Обычно в группу ЛПР входят специалисты из разных отраслей – строители, автомобилисты, чиновники, сотрудники ГИБДД и т.п. Каждый из числа ЛПР руководствуется своими критериями эффективности принимаемого решения [3].

Сложность решения в задаче управления транспортными потоками связана с тем, что далеко не все характеристики исследуемого участка дороги можно однозначно представить математически. Вообще, задача принятия решений по управлению транспортными потоками является трудно формализуемой. Кроме того, зависимости между критериями могут быть нетривиальными.

Решение подобных задач сводится к комплексному исследованию множества решений на основе различных инструментариев, образующих систему поддержки принятия решений.

Компьютерные системы поддержки принятия решений (КСППР) (Decision Support System, DSS) — особый класс автоматизированных систем, обеспечивающих оказание человеку помощи в принятии решений в сложных условиях, путём объективного исследования предметной области. КСППР не заменяют человека, а лишь помогают ему проанализировать предметную область и выявить множество возможных решений задачи. Что же касается выбора решения – это остается за человеком [3, 4].

Решение задач развития городской транспортной системы требует системного подхода, а это значит, что анализ развития городской транспортной инфраструктуры должен производиться вместе с

анализом землепользования, установление закономерностей функционирования системы - вместе с мониторингом экологической ситуации и т.д. Ранее задача разработки концепций развития транспортной инфраструктуры города возлагалась на экспертов, и планирование зачастую осуществлялась только на базе экспертных оценок. На сегодняшний день решение такой сложной и комплексной задачи невозможно без использования информационных технологий. Современные эксперты-аналитики все чаще прибегают к системам поддержки принятия решений (DSS), содержащим серьезный аналитический инструментарий и качественную визуализацию, что позволяет принимать более эффективные и обоснованные решения. DSS позволяет улучшить эффективность процесса принятия решений в транспортном планировании с помощью поддержки всех его фаз: сбор и хранение необходимой транспортной информации, разработка транспортных стратегий, прогнозирование возможных последствий реализации той или иной стратегии, оценка результатов прогнозирования и выбор наилучшего варианта решения. DSS позволяет обеспечить поддержку решения задач комплексного характера, которые составляют основу транспортного планирования. На рис. 1 представлена схема взаимодействия экспертов и DSS.



Рис. 1. Схема взаимодействия экспертов и DSS

В предлагаемой работе рассматриваются и анализируются различные способы включения адаптивных систем управления светофорными объектами (СФО) в УДС города. Способ включения, конфигурация устанавливаемых технических средств, место их установки, количество и т.д. сильно зависят от конкретной транспортной ситуации на данном перекрестке, пешеходном переходе. В связи с чем ЛПР необходимо иметь некоторые просчитанные схемы подключения, которые в дальнейшем назовем типовыми. Типовые схемы подключения будут храниться в базе знаний системы поддержки принятия решений DSS и по мере необходимости извлекаться ЛПР.

**1. Типовые проекты пешеходных переходов.** Сразу следует отметить, что внедрение адаптивных систем управления в улично-дорожную сеть города должно выполняться поэтапно от простых схем (двухфазных) к более сложным трехфазным и далее, как это делалось в некоторых городах России. (Екатеринбург, Саратов, Челябинск и др.). Это позволит разработчику адаптивных систем управления автотранспортом в УДС города получить определенный опыт внедрения на более простых перекрестках, измерить и оценить полученную эффективность (в мировой практике она колеблется от 23 до 30 %), а только тогда переходить к более сложным перекресткам с трех-, четырехфазным светофорным циклом.

Шуть В.Н., к.т.н., доцент кафедры интеллектуальных информационных технологий Брестского государственного технического университета.

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

1.1. Регулируемый пешеходный переход без широкой разделительной полосы (рис. 2).

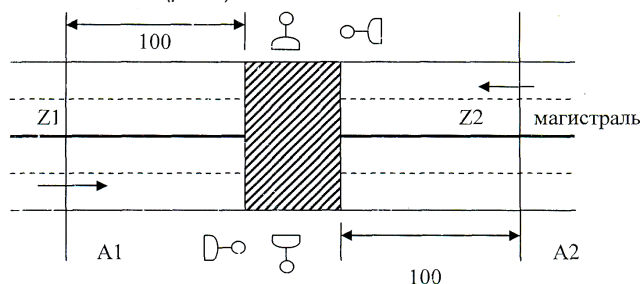


Рис. 2. Регулируемый пешеходный переход без широкой разделительной полосы

Возможен вариант с вызывным пешеходным устройством 1 и без него.

Нажимая на кнопку, пешеходы осуществляют вызов необходимой для них фазы. Остановка транспортного потока происходит лишь по истечении минимальной длительности зеленого сигнала на магистрали. Без систем адаптивного управления остановка потока по магистрали может произойти в неподходящий для этого момент, т.е. когда плотность проходящих автотранспортных средств (АТС) высокая.

Система адаптивного управления с детекторами транспорта, расположенными в сечении А1 и А2 (рис. 2), выберет момент разрыва транспортного потока и только тогда даст зеленый свет для прохода пешеходов. Такое решение в большинстве случаев позволяет организовать проход пешеходов без остановки АТС либо с остановкой минимального числа АТС.

1.2. Регулируемый пешеходный переход с широкой разделительной полосой, или магистраль бульварного типа (рис. 3).

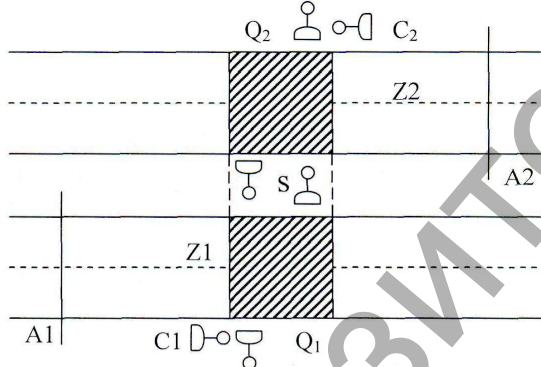


Рис. 3. Регулируемый пешеходный переход с широкой разделительной полосой

Переход возможно организовать в два этапа с установлением соответствующего знака. В этом случае светофоры С1 и С2 работают автономно по сигналам с детекторов транспорта А1 и А2 соответственно. В отличие от случая описанного в п. 1.1. переход в два этапа позволит полностью исключить помехи на АТС со стороны пешеходов, т.к. не надо ожидать момента совпадения отсутствия автомобилей одновременно в двух зонах Z1 и Z2. Этот вариант в 90% случаев позволяет организовать безостановочное движение АТС на регулируемом переходе такого типа.

Следует отметить, что при переходе в два этапа требуется достаточного размера зона разделительной полосы, обеспечивающая временное пребывание пешеходов, ожидающих разрешения на второй этап перехода. Размер зоны определяется по стороне магистрали с максимальным числом находящихся на ней пешеходов, готовых к переходу. При этом плотность пешеходов в разделительной зоне не должна превышать  $P=5$  чел/м<sup>2</sup>. Отсюда площадь S разделительной зоны пешеходного перехода должна удовлетворять неравенству:

$$S \geq Q_i / P, \quad i \in 1, 2, \quad (1)$$

где  $Q_i$  – число пешеходов на одной из сторон магистрали.

Для оценки  $Q_i$  по обеим сторонам пересекаемой пешеходами магистрали и соответственно для выполнения неравенства (1) на магистралях с высоким уровнем пешеходного движения и небольшой зоной S промежуточного накопления необходимо устанавливать видеокamеры для оценки числа пешеходов. Если пешеходов много и неравенство 1 перестает выполняться, то система управления СФО переходит в режим одноэтапного перехода и вновь возвращается к двухэтапному при выполнении неравенства 1. Такой режим необходим при наличии пиковых, кратковременных нагрузок. Например, на пешеходных переходах возле учебных и культурных заведений, когда заканчиваются занятия или спектакли и большой объем пешеходов накапливается возле перехода. Это относится также и к предприятиям (начало и конец смен). В другое же время суток на этих переходах обычная и даже небольшая нагрузка.

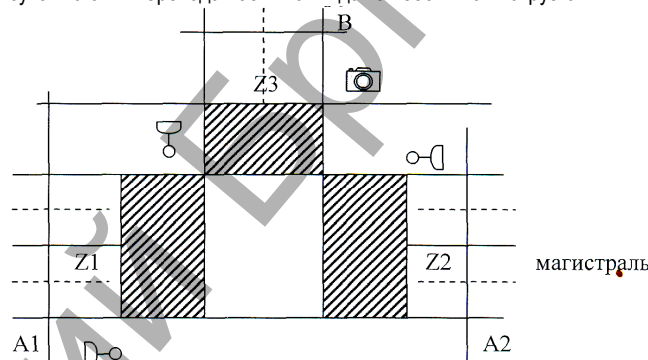


Рис. 4. Т-образный перекресток

2. Типовые проекты Т-образных перекрестков. Т-образный перекресток (рис. 4) может быть рассмотрен в трех вариантах использования технических средств:

- на въезде на магистраль нет технических устройств;
- на въезде установлен детектор транспорта В;
- на въезде установлена видеокamera 1.

2.1. При варианте отсутствия технических средств на въезде считается, что интенсивность въезжающих на магистраль АТС незначительна по сравнению с АТС, движущихся по магистрали; интенсивность пешеходов обычная. В этом случае адаптивная система работает в режиме пункта 1, т.е. при отсутствии АТС или незначительной их плотности в зоне Z1 и Z2 дает зеленый сигнал на въезд АТС и разрешает переход пешеходам через магистраль.

2.2. В случае, когда интенсивность АТС с въезжающего на магистраль направления значительная, т.е. достигает половины интенсивности АТС магистрали, то следует устанавливать детектор транспорта В (рис. 3). Накопление определенного числа автомобилей в зоне Z3 является сигналом для детекторов А1 и А2 к поиску приемлемого разрыва в транспортном потоке. Как только такой разрыв обнаруживается, то выполняется смена фазы светофора (дается сигнал на выезд АТС и на переход пешеходам).

2.3. Вместо детектора транспорта В, может быть использована видеокamera 1, которая выдает в адаптивную систему интегральную оценку количества АТС, ожидающих въезд на магистраль, и числа пешеходов, ожидающих разрешающего сигнала светофора для перехода. Данная схема подключения удобна, когда интенсивность АТС, подъезжающих к магистрали с бокового направления, и интенсивность поступления пешеходов незначительная.

3. Типовой проект крестообразного перекрестка. Крестообразный перекресток может быть двух типов:

- равнозначные пересекающиеся дороги (рис. 5);
- неравнозначные пересекающиеся дороги (рис. 6).

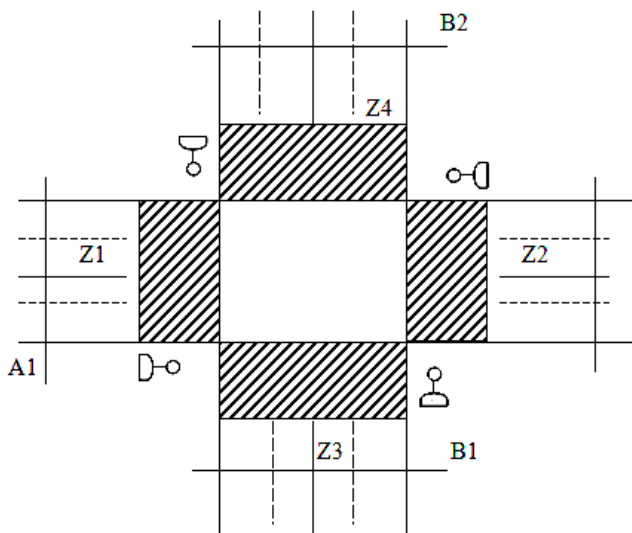


Рис. 5. Равнозначные пересекающиеся дороги

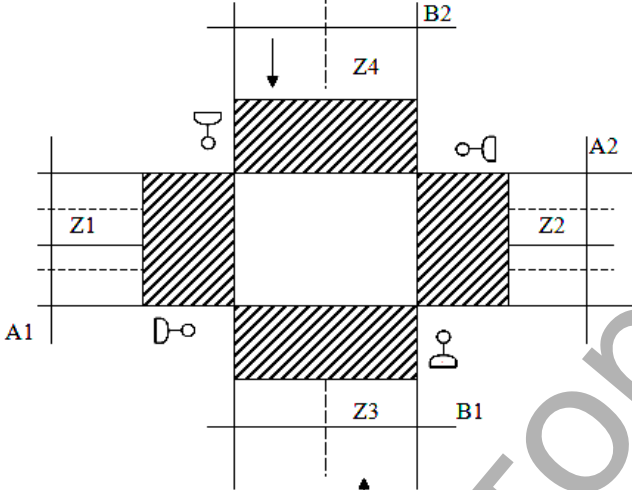


Рис. 6. Неравнозначные пересекающиеся дороги

3.1. *Равнозначные пересекающиеся дороги.* Возможно устанавливать пару детекторов транспорта на одной из дорог, а на другой не устанавливать. В этом случае после обработки  $t_{min}$  (минимальное время горения зеленого сигнала по текущему направлению) детекторы транспорта A1 и A2 включаются в режим поиска приемлемого разрыва транспортного потока. Как только такой разрыв обнаруживается, происходит переключение зеленого сигнала на перпендикулярную дорогу, где датчики отсутствуют. Время горения зеленого сигнала на данном перпендикулярном направлении копирует время горения зеленого сигнала предыдущего такта дороги с датчиками. Таким образом осуществляется адаптация по дороге, на которой не установлены детекторы транспорта. Более точная адаптация светофорного регулирования к колебаниям интенсивности движения транспортных потоков возможна при установлении детекторов транспорта B1 и B2 также и на перпендикулярном направлении, хотя это удорожит систему.

3.2. *Неравнозначные пересекающиеся дороги.* В этом случае, если устанавливается только одна пара датчиков, то она, безусловно, должна быть установлена на главной (магистральной) дороге. Это датчики A1 и A2. Тогда разрешение на движение по перпендикулярной дороге будет даваться в момент установления достаточного разрыва в транспортном потоке магистрали, либо по истечении  $t_{max}$  движения по магистрали. В случае удорожания системы и установления второй пары датчиков B1, B2 на второстепенной дороге процесс адаптации будет более точным.

4. **Практическое использование результатов исследования на примере «Строительный проект сквозного оснащения Бульвара Космонавтов адаптивной системой управления автотранспортом (АСУА) «Брест 1».**

4.1. *Объект автоматизации* – шестиполосная магистраль, разделенная бульваром на три полосы движения в одном направлении и три полосы противоположного направления движения, содержащая пять светофорных объектов и один переходной светофорный объект на выезде с магистрали, относящийся к проспекту Машерова. На магистрали интенсивное автобусное движение (городские линии: 1, 1А, 4, 10, 18, 23, 26, 27, 30, 30 А, 32, 33, 37, 38). Также интенсивное движение междугородних автобусов, т.к. на этой магистрали расположен центр тяготения – автовокзал (рис. 7).

4.2. *Исследования, выполненные на магистрали.* Были проведены замеры интенсивности движения автотранспортных средств на пяти светофорных объектах магистрали. Также выполнено измерение числа задержанных автомобилей возле светофора.

4.3. *Выполненные расчеты по магистрали:*

- потери по топливу при остановке АТС перед светофором;
- потери от вредных выбросов в атмосферу;
- потери от шума.

4.4. *Устанавливаемые объекты.* На схеме Бульвара Космонавтов (см. рис. 7) показаны места установления датчиков адаптивной системы АСУА-Брест1. Это позиции (A1 B1), ..., (A5 B5).

На позициях (A1 B1) и (A3 B3) подключение датчиков выполнено согласно пункту 1.2 «Типовых включений». На позициях (A2 B2), (A4 B4) и (A5 B5) подключение датчиков выполнено по схеме 3.2 «Неравнозначные пересекающиеся дороги».

4.5. *Гарантии от разработчиков АСУА-Брест 1.* Разработчик гарантирует безостановочный проезд АТС через регулируемые пешеходные переходы №1 и №3. В настоящее время, согласно выполненным измерениям (пункт 4.2) в течение 15 минут утром, в обед и вечером на переходе №1 были остановлены:

- Утром:  $59 + 87 = 146$  ед. АТС;
- В обед:  $75 + 84 = 159$  ед. АТС;
- Вечером  $73 + 171 = 244$  ед. АТС.

Аналогичная картина и на регулируемом пешеходном переходе №3.

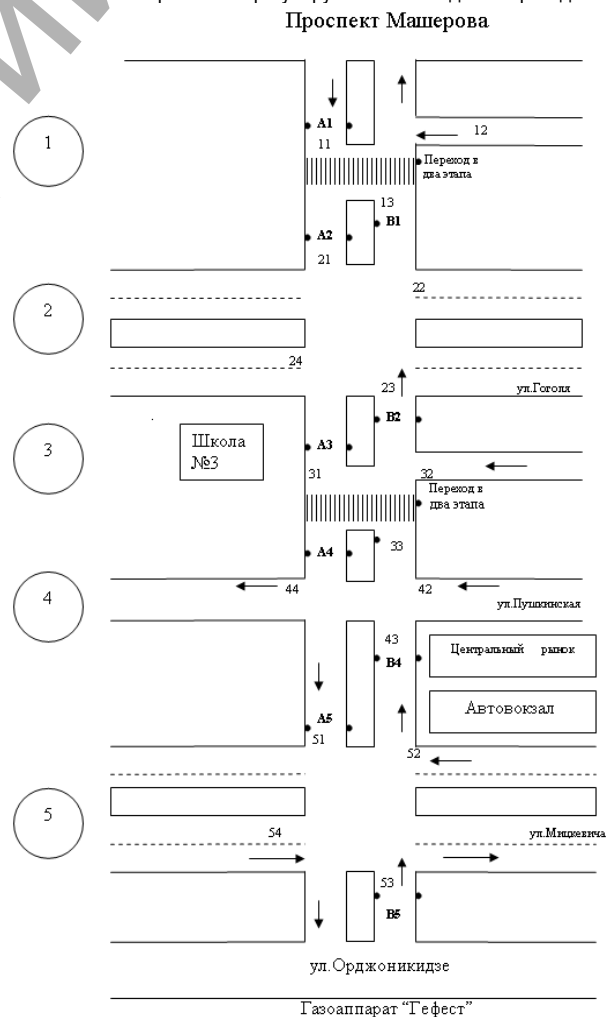


Рис. 7. Схема Бульвара Космонавтов

Утверждение 4.5 обеспечено наблюдением за движением АТС через названные переходы, при движении АТС возникают разрывы (дырки) в транспортном потоке величиной более 10 сек., в которые будет осуществляться поэтапный проход пешеходов. Т.к. проход осуществляется в два этапа, то не нужно ожидать совмещения с «дыркой» противоположного направления. Чем и будет обеспечено беспрепятственное движение АТС через эти переходы.

Второй составляющей эффективности является меньшее время ожидания перехода для пешеходов.

На светофорных объектах 2, 4 и 5 планируется сокращение числа задержанных автомобилей в два раза. При этом на всей магистрали, начиная от завода «Газоаппарат» и до Машерова, будет организован режим движения «Зеленая волна», адаптивно.

**Заключение.** Для городов, где преимущественно используется двухфазный светофорный цикл, этих схем подключения достаточно. Разработчикам адаптивных систем управления автотранспортом (АСУА) рекомендуется разрабатывать проекты для отдельных улиц

города, используя предложенные схемы подключения. Известно, что оснащение каждого отдельного светофора адаптивным управлением по всей улице автоматически организует «зеленый коридор» (зеленую волну движения).

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Михайлов, А.Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей / А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. – Новосибирск: Наука, 2004. – 266 с.
2. <http://www.fhwa.dot.gov> – официальный сайт департамента транспорта США (FHWA).
3. Интернет-источник: <http://ru.wikipedia.org/wiki/СППР>.
4. Аристов, А.О. Компьютерная система поддержки принятия решений по управлению транспортными потоками / А.О. Аристов, К.В. Моргачев // Сборник научных докладов II научно-практической конференции «Научно-техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях» – М.: МГСУ, 2010. – с. 205.

Материал поступил в редакцию 13.12.11

#### SHUTS V.N. Support solutions and analysis of inclusion adaptive control system of traffic lights pedestrian crossings of the road network

In this work we assume decision-making system for evaluation include adaptive control system of traffic lights at pedestrian crossings in the road network of the city.

УДК 65.0.12.122

Кирьянов О.Ф., Коробов А.А.

### ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ ГОРОДА

**Введение.** Проблемы перенапряжения транспортных магистралей городов постоянно возрастают. Ведется активный поиск и разработка средств для повышения качества использования имеющихся транспортных магистралей, под которым понимают перераспределение транспортных потоков, оптимизацию дорожной сети и управления дорожным движением, повышения уровня управляемости перевозками [1]. В соответствии со структурой общегородских транспортных потоков разрабатываются технические и программные средства, которые сегодня интегрируются в системе "интеллектуальный транспорт", "электронный город" и др. [2, 3].

В современных городских транспортных грузовых операциях наибольший объем занимают развозные маршруты товаров повседневного спроса по множеству торговых точек. Для таких развозок на производственных и транспортных предприятиях, у крупных дистрибьюторов внедряются программные комплексы автоматизированных систем проектирования маршрутов грузовых перевозок. В условиях внедрения систем автоматизации управления предприятиями, использования различного программного обеспечения для решения задач логистики применение программ имитационного моделирования позволяет решать широкий класс задач гибкого планирования, диспетчерирования и анализа развозных маршрутов на городских грузоперевозках [4].

**Цель и постановка задачи.** Целью данной работы является анализ возможностей разработанного программного комплекса автоматизированного проектирования маршрутов перевозок для интеграции различных систем автоматизированного управления и контроля городских транспортных средств в единую систему, способную оптимизировать загруженность городских магистралей.

Основу отечественного рынка программных решений в области транспортной логистики представляют ряд компаний, программные комплексы обладают схожими возможностями и разрабатывались для решений одного рода задач. Одним из наиболее функциональ-

ных, интегрированных средств является решение компании UP-Center TLKA, основу которого представляет язык программирования и конструктор, встроенные в систему. Основная задача программного комплекса - выбор оптимального маршрута развозки продукции на основании информации о клиентах, их ежедневных заявок на доставку продукции, информации о доступных на сегодня транспортных средствах для развозки, водителях, экспедиторах, дорожных условиях, возможностей склада, рампы, погрузчиков. Модель развозки строится с использованием карты территории, которая обслуживается компанией, осуществляющей доставку, привязкой клиентов к этой карте и к транспортной схеме территории.

Программный комплекс TLKA включает масштабируемые карты региона и транспортные схемы, справочники, редакторы, средства импорта-экспорта данных из других баз данных, вмонтированные средства формирования отчетов и глубокого анализа перевозочного процесса, средства организации работы по сети, а также многосерверные решения для сложных задач.

Используя подобные программные продукты на многих предприятиях городской дистрибьюторной сети, получим оптимальные маршруты для большей части грузовых внутригородских транспортных средств. Но какие бы методы проектирования маршрутов не использовались перевозчиками – от планирования маршрута водителем до автоматизированного проектирования маршрутов с применением систем контроля перемещения транспорта - не учитываются действия других перевозчиков, которые могут приводить к срыву графиков, увеличению организационных простоев, перегруженности отдельных дорог или участков.

Предлагается проект технико-программного согласования оперативных планов перевозчиков на уровне административного управления города – "единый транспортный город". На сегодня в городах практически отсутствует единая система управления перевозками, что и приводит к указанным проблемам. Известны в использовании три модели управления системой перевозок – децентрализованная,

Кирьянов О.Ф., к.т.н., доцент кафедры транспортных технологий Кременчугского государственного политехнического университета имени Михаила Остроградского.

Коробов А.А., аспирант Кременчугского государственного политехнического университета имени Михаила Остроградского. Украина, КГУ им. М. Остроградского, 39600, г. Кременчуг, ул. Первомайская, 20.