

информационные технологии

# ПОЕХАЛИ!

## АСУДД – МИРОВОЙ ОПЫТ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ СМЫСЛ

Предназначение автоматизированных систем управления дорожным движением (АСУДД) видится в современной практике как обеспечение максимально эффективного использования улично-дорожной сети (УДС) в интересах всех потребителей, на уровнях: пользователей личного, общественного и коммерческого транспорта (экономический эффект); региона (экономический и социальный эффект); общества в целом (экологический эффект, который, естественно, также может быть выражен в экономических категориях). Учитывая, что внедрение АСУДД – процесс весьма затратный и трудоемкий, решение о проведении работ практически никогда не принимается без детального анализа эффективности создаваемых систем.

Эффект для пользователей первого уровня сводится к снижению потерь человеческого и машино-часов, сокращению эксплуатационных расходов, а также повышению производительности труда.

Эффект для региона может быть представлен в виде увеличения уровня государственных доходов за счет более эффективной работы различных служб. В то же время предполагается, что с внедрением АСУДД повышается качество услуг, предоставляемых пользователям УДС (косвенный социальный эффект).

Экологический эффект возникает за счет сокращения сбросов и выбросов

вредных веществ в атмосферный воздух, а также снижения уровня шума, особенно в городах.

Численное определение эффекта требует, в том числе, расчета денежного эквивалента сэкономленного времени, и решение этой задачи имеет косвенное отношение к транспортной экономике: основная часть усилий ложится скорее на социологические науки вследствие необходимости определения количественных и качественных характеристик пользователей УДС. Понятно, что цена единицы сэкономленного времени изменяется в зависимости от региона реализации АСУДД, календарного времени, вида транспорта, назначения

транспортных услуг и многих иных факторов.

Наглядно продемонстрировать возможные эффекты от внедрения элементов АСУДД на каждом из перечисленных уровней позволяют некоторые примеры (данные ITSA):

- Система информирования пассажиров, совмещенная с АСУДД (Хельсинки, Финляндия), позволила снизить суммарную задержку на 44–48%, среднее время в пути на 11%, потери времени на 35800–67500 человеко-часов в год.
- Создание системы адаптивного управления дорожным движением

## информационные технологии

(Лос-Анджелес, США) уменьшило количество общих транспортных остановок на 28–41%.

- Внедрение адаптивной системы управления светофорными объектами с приоритетом общественного транспорта (Лондон, Великобритания) снизило среднюю задержку автобуса на 7–13%.
- Система приоритета общественного транспорта (Саутгемптоне, Великобритания) позволила снизить расход топлива автобусами на 13%, за счет чего уменьшился на 15% общий уровень выбросов в атмосферу.

Колоссальная эффективность современных АСУДД, подтвержденная мировой практикой, обусловила широчайшее применение в этих системах новейших дорогостоящих технологий, к которым, в первую очередь, следует отнести технологии динамического информирования участников движения, адаптивного управления светофорными объектами, фиксации инцидентов и нарушений и т. п. Применение всех перечисленных технологий основано на сборе и обработке информации о транспортных потоках на контролируемой УДС в режиме реального времени.

Таким образом, детекторы транспорта (ДТ), сопровождающая их техника связи, обработки и анализа данных занимает центральное место в аппаратно-программном комплексе АСУДД. В настоящее время в конструкциях ДТ применяются не менее 13 различных технологий измерения параметров, но наибольшее распространение получили индукционные (петлевые), радиолокационные и видеодетекторы.

Применимость инфракрасных ДТ в последние годы сокращается, а магнитных – возрастает. Представляется, что скоро магнитные ДТ войдут в «большую тройку», несколько потеснив петлевые. В странах с «мягкой» зимой, для которых характерно многократное повторение циклов замерзания-оттаивания, опережающе распространяются детекторы, установка которых не требует нарушения целостности дорожного полотна (радиолокационные и видео). Использование ДТ, устанавливаемых непосредственно в дорожную одежду (петлевых и магнитных), сокращается ввиду их недостаточного ресурса в таких климатических условиях. Последние исследования, проведенные в США, определили 50% эксплуатационный ресурс петлевых детекторов как 6–12 месяцев. При этом точность измерения параметров в ряде случаев изменялась от 1% (паспортная величина) до 30%. Для сравнения, реальная долговременная точ-

ность радарных и видеодетекторов «дрейфует» в диапазоне от 5% (паспортная величина) до 15%.

Следует отметить, что точность детектирования, с точки зрения эффективности генерации управляющих воздействий, в АСУДД имеет первостепенное значение. И радарные, и видеодетекторы, так же, как и петлевые, используются для управления светофорными контроллерами в адаптивных системах. При этом первые, измеряющие параметры транспортного потока по полосам, используются в качестве путевых (стратегических). Недостатком

видеодетекции является необходимость периодической очистки линз видеокамер, однако современные низкоадгезионные покрытия стекол и специально оборудованные корпуса упрощают процедуру техобслуживания. Видеодетекторы обычно на 15–35% дороже, чем радиолокационные, но зато они позволяют дополнительно контролировать ситуацию в конкретных зонах дороги, что требуется для адаптивного управления.

В современной практике используется шесть различных видов управления светофорными объектами:



## информационные технологии

Табл. 1. Унифицированная архитектурная платформа АСУДД

Процессы	Подсистемы
Управление транспортными потоками	Хранение и архивирование данных
	Распределение данных
	Связь
Управление ТС для грузовых перевозок	Транспортная оптимизация градостроительных решений
	Администрирование транспорта
Топологическое описание объекта	Управление движением пассажирских ТС
	Транспортное и топологическое описание УДС
Управление ТС для пассажирских перевозок	ГИС
	Контроль въезда и загрузки грузового транспорта
	Сервис для транспорта и водителей
Управление техническим состоянием ТС	Метеорологический мониторинг
	Контроль выхлопов
Архивирование данных и информационное обслуживание	Контроль технического состояния
	Мониторинг состояния дорог
Обслуживание чрезвычайных ситуаций и спецтранспорта	Обнаружение инцидентов
	Видеонаблюдение
Информационное обеспечение участников движения	Мониторинг транспортных потоков
	Путевое информирование
Управление оплатой за проезд и парковки	Широковещательное информирование
	Ограничение доступа и маршрутизация
Реагирование на инциденты	Пропуск спецтранспорта
	Устранение последствий инцидентов
Обеспечение связи между подсистемами	Мониторинг ремонтных и специальных ТС
	Обустройство участков ремонтных работ
Обслуживание ремонтов на УДС	Управление парковками
	Управление безостановочным движением
Управление транзитом	Управление периферийными устройствами
	Реагирование на нарушения
	Расчет и оптимизация управляющих воздействий
	Моделирование и контроль эффективности АСУДД
	Оплата за движение по дорогам (проезд)
	Оплата за парковки

ПЕРЕКРЕСТНЫЕ СВЯЗИ

- Метод календарного управления (time of the day, или TOD-метод), характеризуемый предварительным расчетом планов координации, и переключением их в по календарному графику. Соответствие этих планов реальной транспортной ситуации обеспечивается их периодическим пересчетом;
- Метод ручного управления, когда осуществляется переключение конкретных сигналов светофорных объектов на месте (обычно применяется при чрезвычайных ситуациях и неисправностях системы);
- Метод диспетчерского управления, когда осуществляется переключение конкретных сигналов или планов координации на светофорных объектах из центрального командного пункта;
- Метод управления с использованием библиотек (traffic responsive, или TRPS-метод), характеризуемый предварительным расчетом множества планов координации и переключением их на основании текущих усредненных показаний стратегических детекторов транспорта путем выбора из библиотеки соответствующего подходящего плана;
- Метод актуального управления (actuated, или А-метод), характеризуемый предварительным расчетом планов координации, переключением их по календарному графику и реализацией изменений в этих планах в соответствии с транспортными запросами, фиксируемыми локальными детекторами на отдельных направлениях;
- Метод адаптивного управления (adaptive control, или АС-метод), характеризуемый постоянным пересчетом планов координации и календарных режимов на основании информации, получаемой с локальных и стратегических (путевых) детекторов в режиме реального времени.

Именно применение трех последних методов (иногда обобщенно называемых «адаптивными»), в различных сочетаниях дает возможность наиболее полно использовать пропускную способность УДС, так как обеспечивает соответствие длин «эффективного зеленого» фактическим транспортным запросам по каждому направлению. Жесткое координированное управление всегда будет уступать актуальному по эффективности, так как в первом случае предварительный расчет планов ведется по средним значениям, и в результате все нестационарности транспортных потоков игнорируются (рис. 1). Поэтому темпы оборудования перекрестков адаптивными системами в развитых

странах исключительно высоки. Уже существуют целые города, управляемые по TRPS, А или АС методами (Даллас, Майами, Сидней и т. д.). В США системами актуального управления за последние годы оснащены десятки тысяч перекрестков не только в городах, но и в пригородах (например, в большом Бостоне).

Внедрению адаптивных систем способствует развитие процессорных возможностей светофорных контроллеров. В современном исполнении контроллеры допускают хранение в собственной памяти 64 и более программ, их автоматическую загрузку по различным типам связи, в том числе и беспроводной, непосредственное управление от ДТ, подключение дополнительных устройств: динамических информационных табло, комплексов приоритизации пропуска транспорта и т. д. Развитие вычислительных возможностей контроллеров естественным образом привело к ужесточению требований открытости протоколов связи, в том числе по стандарту TCP/IP, что существенно облегчает использование различных видов программного обеспечения (ПО). Наибольшие возможности для использования программного обеспечения третьих производителей предоставляют контроллеры с открытой архитектурой, выпускающиеся в соответствии со стандартом Caltrans. Новые типы изделий Caltrans – контроллеры 2070 – дополнительно поддерживают TCP/IP протокол на всех трех уровнях (базовые функции, адаптивное управление, управление дополнительными устройствами).

С учетом реальной надежности линий связи, оптимальным представляется согласованное использование локальных (контроллеры) и центральных вычислительных возможностей. Поэтому современные АСУДД имеют до 4 иерархических уровней: центр, зона (сектор), группа (район), точка.

От принятой иерархии в значительной степени зависят особенности применяемых программных средств, которые могут быть принципиально поделены на расчетно-оптимизационные, моделирующие, управляющие и архивно-аналитические. Возможности используемого ПО оказывают определяющее влияние на потенциал АСУДД как таковой, поэтому при внедрении расширяемых и, прежде всего, городских систем целесообразно применять модульные программные средства, пригодные для надстройки, развития и модернизации.

Например, одной из дополнительных функций ПО АСУДД является расчет и визуализация показателей загруженности УДС и средней простран-

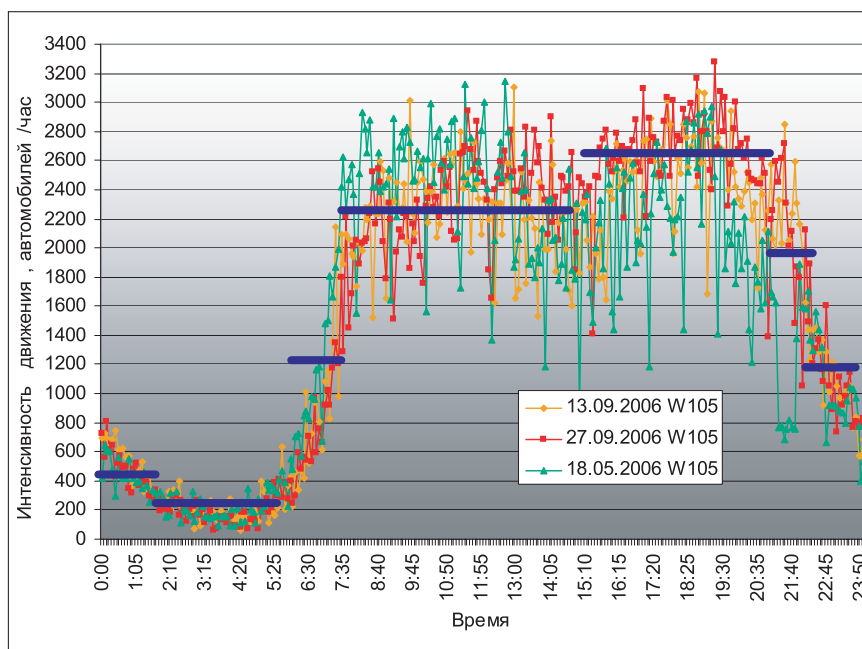


Рис. 1. Типичная картина средних и мгновенных изменений интенсивности движения транспорта на городских улицах во времени. На поле рисунка указаны даты измерений и тип ДТ – Wavetronix SS105.

ственной скорости движения на ее участках на основании данных ДТ и информации о режимах работы светофорных объектов. Именно эти показатели лежат в основе систем формирования участников движения, оказывающих весьма существенное влияние на перераспределение транспортных потоков в зависимости от фактической загруженности дорожной сети. При этом следует особо подчеркнуть, что открытость и общедоступность актуальной цифровой и видеоинформации об условиях движения на дорогах ни в одной экономически развитой стране не подвергается сомнению.

Номенклатура функциональностей для каждой АСУДД индивидуальна. Она определяется показателями назначения, которые пользователь хочет реализовать в соответствии с поставленными технико-экономическими задачами. К показателям назначения предъявляются следующие требования:

- **конкретность**, то есть должно быть специфицировано: какая величина данного показателя и почему будет достигнута, а также четко указано, к какому объекту или участку УДС эта величина относится;
- **контролируемость**, то есть должен быть обоснован критерий, с помощью которого возможно объективно определить величину показателя, причем с соблюдением принципа повторяемости;
- **сопоставимость**, то есть показатель должен обеспечивать возможность сравнения эффективности разных систем между собой, а так-

же оценку по методу «раньше и теперь».

Показателей, удовлетворяющих этим условиям, можно обосновать очень много, и любые варианты имеют право на существование. Показатели могут быть как широко известные, например: повышение пропускной способности, средней скорости, уровня безопасности, так и совершенно специфические, отвечающие уникальным условиям того или иного региона, города или магистрали, например: повышение безопасности животных на дороге. Номенклатура показателей назначения определяет состав АСУДД и, соответственно, индивидуальные особенности ее архитектуры. Тем не менее, из анализа мирового опыта следует, что, используя принципы модульности и надстраиваемости, возможно разработать унифицированную архитектурную платформу, в которой все многообразие практических задач сведется к частным реализациям (табл. 1). Появление новых задач будет приводить не к глобальным изменениям, а лишь к добавлению очередного процесса/системы.

Практика показывает, что современные АСУДД, достаточно быстро собираемые из адаптируемых программно-аппаратных пакетов, снижают транспортную напряженность не меньше, чем интенсивное дорожное строительство, хотя противопоставлять эти направления совершенствования транспортной инфраструктуры, разумеется, не следует.

Г. С. Бродский, д.т.н.,  
В.В. Рыкунов