

Е. Т. Скорик

Центральный НИИ навигации и управления Минпромполитики Украины, Киев

СИСТЕМНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СПУТНИКОВОМУ НАВИГАЦИОННОМУ И СВЯЗНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ АВТОТРАНСПОРТНОГО ДВИЖЕНИЯ

Аннотация: Разработан проект системных технических требований к спутниковому навигационному и связному обеспечению автотранспортного движения как составной части навигационного обслуживания на автомобильных дорогах Украины.

Ключевые слова: управление автотранспортом, диспетчеризация, информационное обеспечение, навигация, радиосвязь.

1. ВВЕДЕНИЕ

По современным международным требованиям каждая автотранспортная единица как "цивилизованный перевозчик" должна иметь в составе бортового оборудования средства автономного местоопределения объекта и двусторонней радиосвязи с диспетчерской службой, оснащенной программным обеспечением транспортного менеджмента. Такие диспетчерские системы, по определению, относятся к системам класса AVL (Automatic Vehicles Location), т. е. к системам с автоматическим местоопределением транспортного средства.

Постоянное автоматическое местоопределение подвижного объекта во времени и пространстве позволяет на новых технологических принципах решать разнообразные технико-экономические задачи, включая управление транспортными потоками и повышение безопасности движения каждого транспортного средства [1].

По сути, автотранспортное средство, оборудованное системой AVL, превращается в "интеллектуальный" автомобиль, имеющий возможность оперативно отображать собственное местоположение на электронных картах региона движения, быть включенным в системы массового обслуживания различных типов, такие, как диспетчерские, противотонные, страховые по грузам и пассажирам, с оповещением о дорожной обстановке, с охраняемым отслеживанием в пути и др.

В современных условиях информационные средства для систем AVL, как правило, в максимальной степени используют спутниковые технологии. Спутниковые технологии, в первую очередь, обеспечивают радионавигацию, местоопределение транспортного средства и планирование рейса за счет применения спутниковых радионавигационных систем (СРНС) проектов GPS (США) и в перспективе Galileo (ЕС). Преимуществом применения СРНС является возможность

высокоточного оперативного регионального, континентального и межконтинентального местоопределения и широкого использования географических информационных систем (ГИС), программное обеспечение которых также использует поддержку СРНС.

Проект настоящих системных технических требований (ТТ) к спутниковому навигационному и связному обеспечению автотранспортного движения как составной части навигационного обслуживания на автомобильных дорогах Украины устанавливает типовые исходные требования к информационно-навигационной технологии управления автотранспортом, основанной на применении спутниковых навигационно-связных систем, обеспечивающих управление автотранспортными средствами и автотранспортными предприятиями (АТП) разного состава и назначения в задаче диспетчеризации перевозок.

Проект ТТ содержит следующие пункты частных технических требований (ЧТТ):

- 1) состав системно-технологических требований;
- 2) регион обслуживания;
- 3) точность местоопределения автотранспортных средств;
- 4) время обновления данных местоопределения автотранспортных средств;
- 5) технология сбора и обработки данных;
- 6) состав технологических функций;
- 7) средства радиосвязи;
- 8) условия применения.

Другие ЧТТ могут быть определены применительно к отдельным выделенным задачам управления автотранспортом (например, по городскому (муниципальному) транспорту, международным перевозкам и другим транспортным задачам).

В качестве примера в виде справочного материала приведены выдержки из требований стран ЕС для магистральных автоперевозок.

Системные ТТ разработаны в ЦНИИ НиУ по внутреннему техническому заданию в обеспечение работы Межведомственной рабочей группы по подготовке "Программы создания системы реагирования на чрезвычайные происшествия с участниками дорожного движения на автодорогах Украины, передачи информации о режиме, условиях, направлениях и маршрутах движения, мест размещения объектов дорожного сервиса и состояния дорожной сети" и во исполнение Указа Президента Украины "Про поліпшення інформаційного забезпечення на автомобільних дорогах України" от 22.01.2001 г. № 30/2001.

В основу разработки требований проекта ТТ был положен анализ результатов опроса ряда транспортных предприятий г. Киева по специальной анкете в виде опросного листа Межведомственной комиссии, в котором участникам опроса предлагалось ответить на ряд вопросов, ответы на которые составили фактически основу ЧТТ.

2. СОСТАВ СИСТЕМНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ

По своему назначению информационно-диспетчерское обеспечение автотранспорта, в общем случае, осуществляется специализированными логистико-телематическими системами, относящимися, в общем случае, к системам массового обслуживания.

В состав системно-технологических требований таких транспортных структур управления входят следующие пункты:

- регион обслуживания парка автотранспорта на маршруте;
- точность определения местоположения единиц автотранспорта;
- время обновления данных или частота повторения циклов обновления данных местоопределения единиц автотранспорта;

- технология приема, сбора, обработки и передачи данных о местоположении, состоянии бортовых систем и груза единиц автотранспорта;
- состав технологических функций, реализуемых центрами оперативного управления – диспетчерскими центрами автотранспортных предприятий (АТП).

Перечень требований может быть дополнен для конкретных разрабатываемых транспортных диспетчерских систем, в частности при обеспечении охранных и страховых услуг по специально разработанным дополнениям ограниченного пользования к настоящему проекту ТТ.

3. РЕГИОН ОБСЛУЖИВАНИЯ

По размеру региона зоны обслуживания единиц автотранспорта на маршруте информационно-транспортные системы разделяются на:

- городские (муниципальные) включая окрестности города (пригородные зоны);
- региональные (областные);
- государственные (национальные);
- межгосударственные (континентальные).

4. ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ

Основное техническое требование к местоположению любых подвижных объектов, в том числе и автотранспортных, а именно точность местоположения в настоящее время в Украине не оговорено в каком-либо официальном документе. Известны проработки этих требований в проекте Радионавигационного плана Украины (РНПУ) [2] и, как пример, в Нормали ЕС [3]. В проекте РНПУ наиболее близкие к нашим задачам требования изложены в табл.11 из [2] в графе "При решении специальных задач" в таком виде:

- точность (предельная) – 5–15 м;
- рабочая зона – территория Украины;
- темп обновления координат – 1 с;
- доступность ($D = 0,99$) и целостность обсервации ($P = 0,9$) используемых СРНС при обновлении данных за $T = 15–30$ с.

В [3] приведены требования к точности определения местоположения единиц наземного транспорта в Европе по трем градациям:

Таблица. Требования к точности местоположения движущихся объектов

№ пор.	Применения	Точность, м		
		I	II	III
1	Помощь водителям и управление движением на маршруте	100		10
2	Управление парком коммерческого транспорта	10 000	1 000	100
3	Обнаружение похищенных автомобилей	100		10
4	Слежение за перемещением ценных и опасных грузов	1 000	100	10
5	Управление движением посредством автоматизированных систем управления транспортом (АСУТ)	100		10
6	Предоставление информации пассажирам о местоположении	300	100	
7	Оказание помощи при авариях и несчастных случаях	100		10
8	Сбор платежей на дорогах	100		
9	Мониторинг состояния дорог	100	10	

I – существующая, II – необходимая, III – предельная в ближайшей перспективе (по данным на 2002 г). Приведенные в таблице эти данные по перспективным требованиям к точности местоопределения в общем случае обеспечиваются спутниковой радионавигационной системой GPS после снятия режима ограниченного доступа S/A (Selective Available) в общем коде на частоте L1 в автономном режиме обсервации навигационных спутников или в дифференциальном режиме (DGPS) обсервации при частичном закрытии навигационных спутников при движении по городским, горным или лесным дорогам.

Как правило, при определении местоположения автотранспортных единиц достаточно измерения двумерных (в плоском плане) 2D-координат (широты и долготы местоположения объекта), кроме движения в горах, когда необходимо также знание значений высоты над уровнем моря (трехмерное местоположение). Как видим, требуемые значения точности определения координат реально различные в зависимости от сферы применения и назначения транспортных объектов.

Приведенные сведения по требованиям к точности местоопределения автотранспортных средств в разных условиях движения, выписанные из этих двух проектов, не могут быть перенесены непосредственно на автотранспорт разного назначения, движущийся в различных зонах и режимах в Украине. Поэтому при разработке настоящих ТТ их использовали в качестве исходного справочного материала.

Таким образом, при разработке проекта ТТ были приняты следующие исходные положения:

- требования к точности определения местоположения автотранспортных объектов с помощью специализированных информационно-транспортных систем управления, использующих спутниковые навигационно-связные средства, зависят от

решаемых задач, уровней управления, видов транспорта и типов АСУТ;

- точность определения местоположения должна быть сопоставима и согласована с потенциальной и практически достижимой точностью решения самих организационно-управленческих задач и последующей реализуемой точностью исполнения этих задач;
- определение местоположения автотранспортных объектов производится в абсолютной международной географической системе координат WGS-84, к которой Украина присоединилась де-юре в 1999 г., или в специально оговоренных местных относительных системах координат;
- требования для наземных транспортных задач местоопределения к готовности навигационных полей спутниковых радионавигационных систем устанавливаются по доступности – $D = 0,99$ и целостности обсервации СРНС – $P = 0,9$.

В результате в проекте ТТ требования к точности местоопределения для категорий автотранспорта установлены такими:

- для немаршрутизированного транспорта, работающего в режиме обслуживания по заказам (такси, заказные легковые и грузовые автомобили, обслуживающие предприятия и организации), при решении диспетчерскими центрами автотранспортных предприятий (АТП) логистических задач распределения заказов – 300–500 м;
- для автотранспорта, движущегося по установленным маршрутам, при решении комплексов задач оперативного контроля и регулирования движения диспетчерскими центрами АТП с привязкой к расписанию – 100–150 м;
- при обеспечении приоритетного пропуски транспортных средств через регулируемый перекресток в городе и на автомагист-

- стралях – 50–100 м;
- для специальных видов автотранспорта (оперативно-патрульных машин милиции, инкассаторских машин, машин скорой помощи и пожарной охраны, автомобилей аварийных и аварийно-восстановительных работ, служб коммунального хозяйства) – 25–50 м.

Особые оперативные требования к точности предъявляются:

- при транзите автотранспортных объектов по территории Украины – до 1 000 м;
- при движении автотранспортных объектов на скоростных трассах (автобанах) – до 25 м;
- при движении автотранспортных объектов в колонне, при решении задачи встречи (рандеву) их на маршруте, при выводе их в заданную точку (в том числе повторно) – 15–25 м;
- при перемещении (маневрировании) автотранспортных объектов в пределах автостанций, автопарков, аэродромов (аэропортов) по специальным требованиям с применением дифференциальных режимов СРНС и в других задачах предотвращения столкновений автотранспортных единиц (АТЕ) – до 1–5 м.

Точность местоопределения автотранспортных объектов в пределах 1–50 м реализуется по специальным требованиям при отображении информации об их местоопределении на видеоустройствах (мониторах) или средствах коллективного отображения информации (табло) в базе электронных носителей географических информационных систем (ГИС) типа векторных карт в абсолютной или относительной системах координат (в последнем случае со специальной привязкой к бумажным или растровым картам).

Пределная точность местоопределения 1–5 м превышает гарантированную точность навигации по техническим условиям существ-

вующих СРНС GPS (США) и ГЛОНАСС (Россия) в общегражданском коде С/А. Реализация этой точности в ряде оговоренных случаев обеспечивается с помощью службы локальных сетей контрольно-корректирующих станций (ККС) для выработки дифференциальных поправок к координатам автотранспортных объектов. Кроме того, в ряде случаев такую точность можно обеспечить при применении европейского проекта широкозонного функционального космического дополнения к GPS и ГЛОНАСС под названием EGNOS. Что касается нового проекта европейской глобальной СРНС по проекту Galileo, то нормы точности, доступности и целостности обсервации при использовании этого проекта для местоопределения автотранспортных объектов можно будет оценить после введения его в полномасштабную эксплуатацию, которая планируется в 2008 г.

5. ВРЕМЯ ОБНОВЛЕНИЯ ДАННЫХ МЕСТООПРЕДЕЛЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ

Требования к величине временного интервала между двумя ближайшими операциями местоопределения, т. е. интервала времени обновления информации для диспетчерских центров АТП, определяются характером решаемых задач, необходимой точностью, достижимой оперативностью исполнения водителями заданий диспетчера. Их значения находятся в следующих пределах:

- для специальных видов транспорта, не привязанных к фиксированным маршрутам движения в режиме активного ведения автотранспортных объектов диспетчерской службой в зависимости от задачи – 10–30 с;
- при решении задач приоритетного пропуска автотранспортных объектов через регулируемые перекрестки в городах (на автомагистралях), при сохранении централизованной системы слежения за дви-

- жением автотранспортных объектов на маршруте и централизованном управлении светофорными устройствами управления движением – 20–40 с;
- для систем управления маршрутизированным транспортом общего пользования – 1–5 мин;
 - для систем управления заказными автомобилями в зависимости от требуемых характеристик системы управления – 5–10 мин;
 - при перевозке специальных опасных грузов – 10–20 мин;
 - при перевозке подакцизных транзитных грузов – 20–30 мин;
 - для пунктов контроля дорожного движения – до 1 часа.

В некоторых оговоренных случаях используется понятие частоты повторения циклов местоопределения как величина, обратная интервалу времени обновления навигационной информации.

6. ТЕХНОЛОГИЯ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Технология сбора и обработки данных о местонахождении автотранспортных объектов включает такие процедуры:

- генерацию цикла опроса автотранспортных объектов об их местоположении;
- последовательное снятие данных с автотранспортных объектов об их местоположении в городе или на маршруте по таким группам, как все автотранспортные объекты, свободные заказные автотранспортные объекты, автотранспортные объекты, инициирующие передачу данных в диспетчерский центр АТП о своем местоположении;
- привязку данных к улично-дорожной сети и другим элементам инфраструктуры города и маршрутам на автомагистрали

- (маршрутной сети, остановочной сети, сети перекрестков, охраняемых объектов, автозаправочных станций и др.);
- распределение заказов и сообщений между выбранными автотранспортными объектами;
 - вызов автотранспортных объектов для передачи сообщения последовательно (циркулярно) или по степени срочности передаваемого сообщения;
 - передачу сообщений от диспетчера к водителю;
 - подтверждение приема сообщений.

Объем передаваемых данных может составлять следующие значения:

- длина передаваемого кодированного сообщения о местоположении и бортовом номере (коде) автотранспортных объектов – так называемое короткое сообщение (SMS) – 10–12 байт (до 100 бит);
- при передаче набора кодированных сообщений о состоянии автотранспортных объектов и других сообщений из состава типовых их длина может достигать до 128 байт.

7. СОСТАВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Конкретный состав технологических функций, реализуемых на диспетчерском центре АТП (или на другом автотранспортном управляющем центре) и на автотранспортных объектах, зависит от видов автотранспортных средств и создаваемых для них автоматизированных систем управления транспортом.

Спутниковые радионавигационные системы, применяемые в современных технологиях управления автотранспортом, позволяют определять местоположение автотранспортных объектов в абсолютной географической и декартовой системах координат. Данные местоположения автотранспортных объектов,

передаваемые в диспетчерский центр или непосредственно вырабатываемые в них, должны быть привязаны к картографической информации географических информационных систем (ГИС), отражающих слои улично-дорожной сети или маршрутно-транспортной сети города, региона, государства, континента.

Для этого управляющий центр должен иметь оперативный доступ к ГИС базам данных, входящим в принятую картографическую основу, в частности к базам данных цифровых топографических планов, карт и схем масштабного служебного ряда 1:2000–1:25000.

В зависимости от решаемых задач карты могут иметь векторную или растровую форму отображения картографических данных.

Информация СРНС должна быть идентифицируемой в базе данных ГИС в виде идентификации точек привязки автотранспортных объектов с заданными или измеренными координатами к схеме улично-дорожной сети города или маршрутной сети для региона, государства, континента. Эта идентификация используется для архивирования и отображения данных на мониторах операторов или на средствах коллективного отображения информации (табло).

8. НАЗНАЧЕНИЕ СРЕДСТВ РАДИОСВЯЗИ

Комплекс услуг радиосвязи выполняется специализированной корпоративной или служебной системой телекоммуникаций в режиме "точка–многоточие". Средства радиосвязи автотранспортных объектов с центрами управления АТП предназначены для выполнения следующих задач:

- передачи вырабатываемых бортовыми приемниками (терминальными устройствами) СРНС данных о координатах местоположения и вектора скорости автотранспортных объектов;
- обмена совокупностью типовых кодированных сообщений между диспетчером и

водителем (водителями);

- речевой связи с центром управления (только по требованию Заказчика);
- передачи запросов к базам данных центра управления и получения результатов запроса.

Системы радиосвязи с подвижными объектами должны иметь режим циклической связи (циркулярно) со всеми АТП для обмена кодированной информацией:

- циклической радиосвязи с выбранной группой автотранспортных объектов;
- циклической радиосвязи управляющего центра с автотранспортными объектами по инициативе центра.

Системы радиосвязи должны обеспечивать индивидуальные и групповые вызовы для обмена речевой информацией (если она предусмотрена проектом), оповещения предварительно выбранной группы автотранспортных объектов, приоритетные и аварийные вызовы, диспетчерскую речевую связь. Передача речевых сообщений не должна прерывать определение координат местоположения автотранспортных объектов и передачу этих данных в центр управления на время, большее предусмотренного проектом.

Системы радиосвязи должны обеспечивать качество передачи цифровой информации с вероятностью искажения 1 бита не более 0,002 при уровне превышения сигнала (после декодирующего устройства – согласованного фильтра) над помехой в точке приема не хуже 25 дБ. Более точная величина превышения определяется по результатам проектирования системы радиосвязи.

Выбор радиотехнических средств связи из типового перечня и расчет их параметров определяются требованиями к конкретной проектируемой транспортной навигационно-связной системе. Ниже приведен справочный типовый перечень средств радиосвязи, реко-

мендованный к применению в автотранспортных навигационно-связных системах:

- обычная (конвенциональная) радиосвязь режима "точка–точка" (только для замкнутых малых АТП);
- служебная (ведомственная) корпоративная радиосвязь (пакетная, транкинговая, TETRA, TETRAPOL);
- мобильная сотовая связь стандартов GSM, GPRS, UMTS, WiMAX ;
- мобильная спутниковая связь проектов Inmarsat, Emsat, Thuraya.

9. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

Эксплуатация бортовой аппаратуры в составе транспортных средств осуществляется в тяжелых условиях работы автотранспортных объектов:

- при рабочих температурах от -30 до $+70$ °С (при применении жидкокристаллического дисплея от 0 до $+70$ °С),
- при воздействии транспортной тряски, вибраций и ударов, случайных в интервале частот $5-20$ Гц и при ускорениях $0,02 g^2/Гц$ и $1,4 g$ (СКО) в интервале частот $20-150$ Гц с затуханием 3 дБ/октава,
- при влажности 95% при температуре 40 °С без конденсации.

Конструктивное исполнение бортовой аппаратуры – пылевлагозащищенное с применением (при необходимости) типовых амортизационных устройств (для уменьшения влияния механических воздействий на аппаратуру) при размещении ее в специальных сборках – аппаратных контейнерах.

Работоспособность аппаратуры диспетчерского центра гарантируется при эксплуатации в условиях специально оборудованного помещения с возможностью использования кондиционеров и при размещении ее в специальных приборных стойках или на лабораторных столах.

Для бортового транспортного оборудования в странах ЕС разработана и утверждена в качестве европейского нормативно-технического документа нормаль "Требования ЕС к аппаратуре контроля и регистрации параметров движения автотранспортных объектов при магистральных перевозках" [3].

До подготовки и утверждения национальной нормы (стандарта) по настоящему или другому проекту ТТ разработка аппаратуры в стране может проводиться на соответствие требованиям этой нормы ЕС, а также международного стандарта НАТО MIL-810 CDE. В настоящее время оба этих документа могут служить в качестве справочного материала.

Бортовая аппаратура транспортных средств, осуществляющих магистральные перевозки по автобанам ЕС и транспортным международным коридорам, должна соответствовать международным нормам на автомобильную электронику, базирующуюся на распределенной архитектуре и использующую стандарты автомобильной проводной и кабельной сети CAN и цифровой магистрали TTL. По стандарту CAN каждая функция бортового терминала автомобиля обеспечивается физически выделенным модулем, который служит в бортовой системе самостоятельным устройством, имеющим общий интерфейс в системной конструкции (backbone), а также интерфейс ISO-9141 для подключения к автомобильной системе диагностики наряду с общепринятым интерфейсом RS-232 для подключения к стандартным переносным или промышленным компьютерам.

В составе транспортного средства должен находиться специальный электронный цифровой узел (блок) "тахограф" типа контроллера ("черного ящика") для автоматического контроля и регистрации параметров движения при магистральных перевозках. Тахограф осуществляет следующие обязательные функции:

- местоопределение, основанное на применении спутниковой радионавигационной системы GPS (в перспективе – Galileo);
- контроль за режимами работы экипажа (вождение, другая работа, готовность, отдых и др.);
- регистрацию скорости (каждую секунду в течение недели, каждую минуту в течение месяца);
- регистрацию нарушений (превышение допустимой скорости, превышение времени непрерывного вождения и др.);
- регистрацию пройденного пути;
- регистрацию частоты вращения (оборотов) двигателя;
- регистрацию географических координат в относительной или глобальной системе координат WGS-84.

Все эти функции обеспечиваются с привязкой к текущему времени по Гринвичу. Регистрация функций обеспечивается двумя или одним из видов съёмной электронной памяти: смарт-картами и (или) флеш-памятью. Диспетчерские пункты, обслуживающие магистральные перевозки, должны быть обеспечены аппаратными и программными средствами для послемаршрутного анализа проезда по электронной карте Европы.

Є. Т. Скорик. СИСТЕМНІ ВИМОГИ ДО СУПУТНИКОВОГО НАВІГАЦІЙНОГО ТА ЗВ'ЯЗКОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО РУХУ.

Анотація: Розроблено проект системних вимог до супутникового навігаційного та зв'язкового забезпечення автотранспортного руху як складової частини навігаційного обслуговування на автомобільних дорогах України.

Ключові слова: управління автотранспортом, диспетчеризація, інформаційне забезпечення, навігація, радіозв'язок.

E. T. Skoryk. THE SYSTEM TECHNICAL REQUIREMENTS FOR SATELLITE NAVIGATION AND COMMUNICATION SUPPORT OF VEHICULAR TRAFFIC.

Abstract: The project of the system technical requirements for satellite navigation and communication support of motor transport traffic are developed as a part of navigational service on motor roads of Ukraine.

Keywords: traffic control, dispatching, information support, navigation, radiocommunication.

10. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проект настоящих системных технических требований может быть использован специализированными транспортными организациями для подготовки ведомственных нормативных документов. Поэтому проект является временным документом ограниченного применения, действующим только при взаимных согласованиях технических требований между Заказчиком и Разработчиком систем управления автотранспортом с участием ЦНИИ НиУ.

Настоящие Технические Требования являются интеллектуальной собственностью ЦНИИ НиУ (Гос. регистрация разработки № 0199U003573). Использование этих материалов полностью или частично допускается только с разрешения ЦНИИ НиУ и при ссылке на Разработчика.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Баранов Г. Л.** Інформаційно-навігаційні диспетчерські системи класу AVL по управлінню автоперевиженнями із застосуванням супутникових технологій. // Наука та інновації.–2007.№ 1.–С. 37–42.
2. **Баранов Г. Л., Кошовий А. А., Падалко В. Г., Скорик Е. Т., Хавило В. І.** Радіонавігаційний план України, проект, 1 редакція. / Під загальною редакцією Кошового А. А. – К.: КВІЦ, 2002. – 77 с.
3. Council Regulation EC – 2135/98 of 24 Sept. 1998 amending Regulation (EEC) – 3821/85 on recording equipment in road transport.