

Таким образом, использование формальных методов при создании ММ колебательных систем позволяет существенно упростить эту процедуру и повысить качество результата.

#### **Литература**

1. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. – М.: Машиностроение, 1978- Т. 1. Колебания линейных систем / Под. ред. В.В.Болотина. 1978. 352 с.
2. Никитенко А.Н., Подрубалов В.К. Оценка вибронагруженности упругих элементов ходовой системы универсально-пропашного трактора. В кн.: III научно-техническая конференция «Повышение надежности и долговечности машин и сооружений». Тезисы докладов, ч.2. Киев, ИПП АН УССР, 1988.

### **Методические особенности разработки архитектуры интеллектуальных транспортных систем**

к.т.н. Комаров В.В.

ОАО «НИИАТ»

(495) 496-53-83, [komarov@niiat.ru](mailto:komarov@niiat.ru)

*Аннотация.* Представлены предложения по организации процесса разработки и развертывания интеллектуальных транспортных систем. Обоснованы рациональные направления создания телематических транспортных систем: разработка системной архитектуры, инвариантной к функциональным задачам, и разработка компонентов, обеспечивающих решение специфических функциональных задач.

*Ключевые слова:* телематическая транспортная система, интеллектуальная транспортная система, системная архитектура.

#### **Введение**

Актуальность проблем управления автотранспортными системами с каждым годом возрастает. С точки зрения теории управления решение этих задач сводится к задачам анализа устойчивости систем. Среди основных возмущающих факторов таких систем следует отметить чрезмерное потребление энергии, снижение безопасности и качества услуг вопреки растущим инвестициям.

Известные методы управления уже не эффективны, поскольку параметры систем (количество транспортных средств, структура парка, объемы перевозок, и др.) изменились кардинально. Требуется разработка новых подходов на основе быстро развивающихся информационных технологий.

Таким общепризнанным подходом является создание интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Сложилась серьезная дифференциация между странами по степени реализации таких проектов, что дает возможность проанализировать накопленный опыт и попытаться сформулировать основные методические положения построения ИТС, которые могут быть использованы для формирования международных документов в этой сфере (например, дорожная карта ЕЭК ООН). Некоторые результаты такого анализа в основном европейского, американского и японского опыта представлены в настоящей статье [2-4,6-8].

#### **Терминология**

До настоящего времени отсутствует единое представление о том, что такое интеллектуальные транспортные системы. Во многих публикациях и выступлениях [1,5] они в той или иной степени отождествляются с обычными автоматизированными транспортными системами. Важной особенностью ИТС, позволяющей выделить такие системы в отдельный класс и даже в отдельное направление исследований в автомобильной науке, является формальный логико-математический инструментарий, используемый для решения задач с позиций общесистемного подхода к анализу и управлению всеми системами и процессами на автомобильном транспорте. Очевидно, что вышеприведенные рассуждения справедливы не только для автомобильного, но и для других видов транспорта.

В этом контексте интересно обратить внимание на выделенную автором в определении ИТС Европейского сообщества оговорку «без использования интеллекта как такового», ко-

торая также указывает на то, что интеллектуальная транспортная система, соответствующая этому определению, не обязательно должна решать именно интеллектуальные задачи. Как представляется, подобного несоответствия лучше избежать.

Таким образом, целесообразно именовать определяемый объект телематической транспортной системой (ТТС). В классе этих систем можно выделить совокупность интеллектуальных транспортных систем, отличающихся возможностью осуществлять автоматизированное решение наиболее сложных, трудноформализуемых, имеющих высокую размерность вычислительных, логических и управленческих задач. К таким задачам можно отнести, например, прогнозирование транспортных потоков на сложной улично-дорожной сети по неполной исходной информации, оптимизацию маршрутов следования транспортных средств (ТС) и выработку оптимальных управляющих воздействий для средств управления дорожным движением с учетом прогнозируемой дорожной обстановки, извлечение неявных закономерностей из больших массивов данных о движении ТС и т. п.

В ряде публикаций приводятся следующие свойства, которые позволяют отнести техническую систему к классу интеллектуальных:

- обучаемость - способность генерировать новые знания и данные (модели, решающие правила) на основе механизмов индуктивного вывода, обобщения статистических данных и др.;
- способность к классификации - умение системы самостоятельно дифференцировать объекты управления, воздействия внешней среды, управляющие сигналы, автоматически структурировать данные;
- адаптация - способность системы приспосабливаться к меняющимся условиям среды функционирования, правильно учитывать нестационарность управляющих данных и пр.

Указанные положения, сформулированные применительно к железнодорожным информационным системам, видимо, в целом справедливы и для других видов транспорта, возможно, с некоторыми уточнениями, диктуемыми их спецификой.

Во-вторых, представляется целесообразным конкретизировать признаки определяемой системы. Все описанные либо перечисленные в вышеприведенных определениях отрасли техники и технологий имеют одну общую черту – они предназначены для выполнения различных операций над информацией, будь то ее сбор, передача, обработка, хранение либо представление. Отсюда следует, что телематическая транспортная система – это информационная система. Кроме того, в современных условиях информационные системы должны быть автоматизированными. В идеале на человека должны возлагаться только те функции, реализация которых в автоматическом режиме невозможна либо неэффективна. К таким функциям главным образом относится принятие тех решений, которые не могут быть с достаточной эффективностью выработаны без участия человека.

Далее целесообразно отразить круг системных функций. Основными из них в данном случае можно считать сбор, обработку, передачу и представление потребителям информации.

Существенной особенностью телематических транспортных систем является состав циркулирующей в ней информации, а именно данные о местоположении и состоянии транспортных средств и сведения, получаемые на основе этих данных. Эта особенность является классифицирующим признаком, позволяющим разделить ТТС и иные информационные системы, которые могут использоваться в транспортном процессе, например, автоматизированные системы продажи билетов.

Необходимым элементом определения, что видно по вышеприведенным примерам, является назначение системы. В этой части принципиальных отличий конструируемого определения от известных ранее не просматривается.

Исходя из вышеизложенного, рациональным для использования в нашей стране можно считать следующее определение.

Телематическая транспортная система – это информационная система, обеспечивающая автоматизированный сбор, обработку, передачу и представление потребителям данных о

местоположении и состоянии транспортных средств, а также информации, получаемой на основе этих данных, в целях эффективного и безопасного использования транспортных средств различного назначения и принадлежности.

Приведенная формулировка ориентирована на специалистов, связанных с заказами, разработкой и применением ТТС. Для более широкого круга пользователей можно предложить следующий краткий вариант.

Телематическая транспортная система – это автоматизированная информационная система, обеспечивающая повышение эффективности и безопасности транспортных процессов.

Теперь можно сформулировать и определение интеллектуальной транспортной системы.

**Интеллектуальная транспортная система** – это телематическая транспортная система, обеспечивающая реализацию функций высокой сложности по обработке информации и выработке оптимальных (рациональных) решений и управляющих воздействий.

### Управление рисками проектирования и развертывания ИТС

Разработка структурно сложных интегрированных технических систем начинается с создания системной архитектуры. Системная архитектура или архитектура системы является концептуальной моделью, которая определяет структуру, функционирование и другие признаки системы.

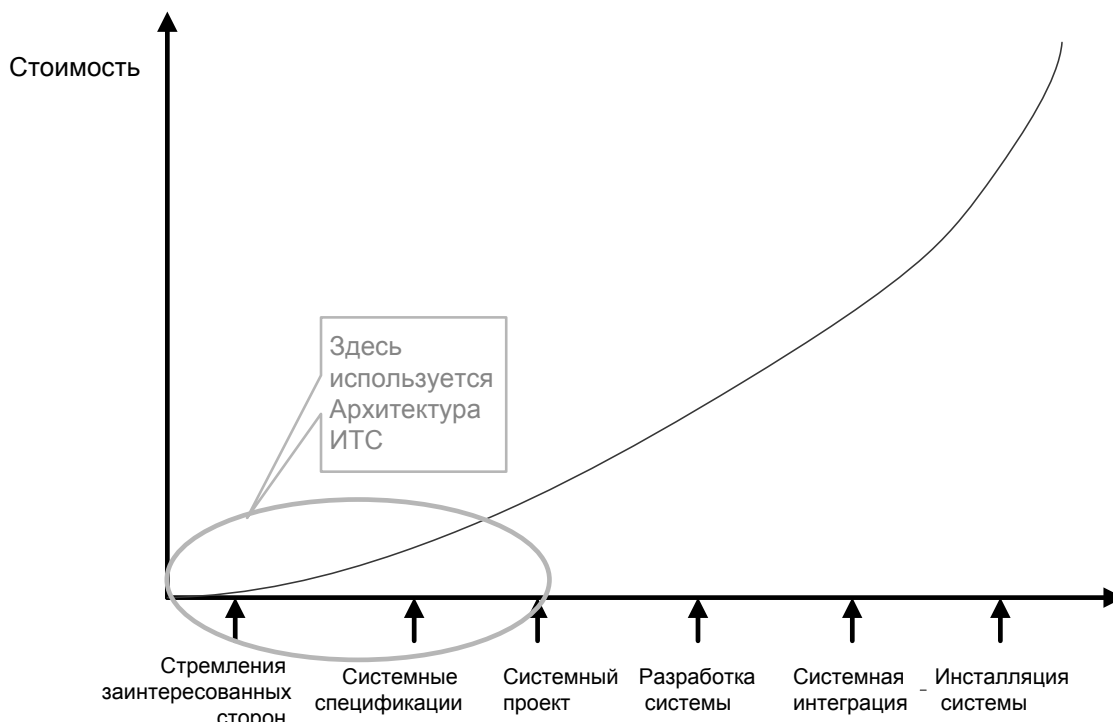
Разработка и внедрение ИТС занимает продолжительный период времени и требует значительных инвестиций. Ошибка на любой стадии проекта может привести к существенному ущербу и угрозе его успешного завершения. Создание ИТС должно базироваться на хорошо зарекомендовавших себя моделях управления рисками. Одной из таких моделей является V-модель жизненного цикла (рисунок 1).



Рисунок 1 – V-модель жизненного цикла проекта создания ИТС

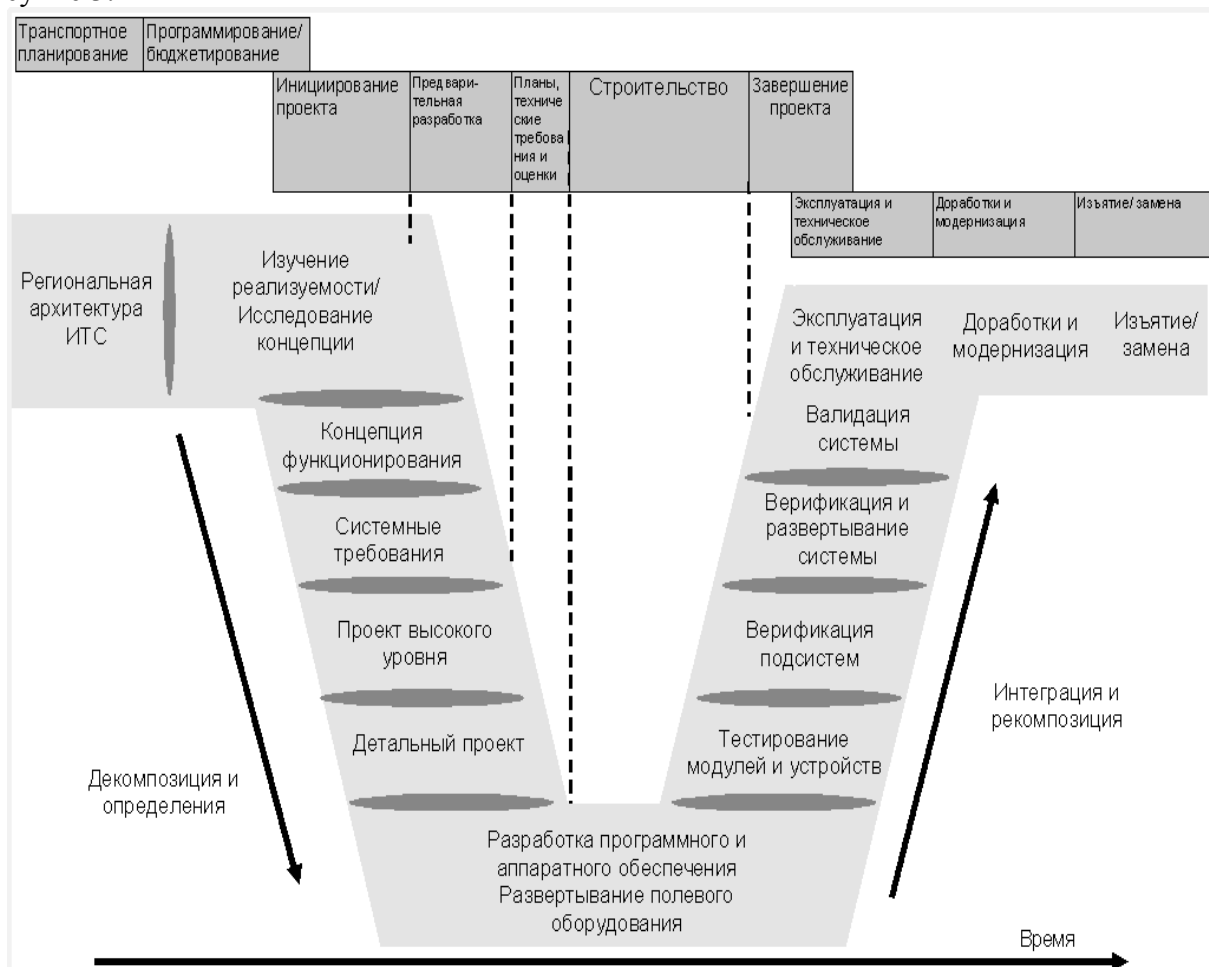
В ней используются известные методы исследования и создания структурно сложных систем декомпозиция и интеграция. Одной из характерных ошибок создания ИТС является стремление как можно быстрее перейти к правой, интегрирующей, ветви модели. При этом компоненты системы оказываются недостаточно проработанными и с высокой вероятностью содержат ошибки. Эти ошибки могут обнаружиться на интегрирующей стадии системного проекта, поскольку он верифицируется на соответствие компонентам. Исправление несоответствий на этой стадии проекта значительно более затратное.

Этот эффект иллюстрируется рисунком 2. Его иногда называют “Правило 10:100:1000”, потому что стоимость исправления ошибок в системе увеличивается по экспоненте (с фактором приблизительно 10) во время каждой последовательной стадии жизненного цикла.



**Рисунок 2 – Рост стоимости устранения ошибок в зависимости от стадии проекта, на которой они выявлены**

Схема процесса разработки и развертывания ИТС на базе V-модели представлена на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Процесс разработки и развертывания ИТС**

### Концепция системной архитектуры ИТС

Оправдывает себя многоуровневая системная архитектура, которая позволяет создавать логически последовательные подсистемы, используемые самостоятельно (рисунок 4). Методология поддерживается компьютерными инструментами и начинается с требований различных заинтересованных сторон для приложений и услуг ИТС.



Рисунок 4 – Многоуровневая системная архитектура ИТС

Они идентифицируются в пределах архитектуры и отбираются соответствующие подсистемы. Затем подсистемы настраиваются, чтобы приспособить к области, в которой должны быть развернуты системы.

Архитектура может содержать больше чем один способ выполнения сервиса, и пользователь может выбрать наиболее подходящий набор функциональности, чтобы включить его в свою окружающую среду. Таким образом, архитектура является не столько моделью интегрированной ИТС, сколько структурой, из которой могут быть созданы определенные модели интегрированных ИТС.

Основные функциональные области, поддерживаемые архитектурой ИТС представлены на рисунке 5.

К преимуществам данного подхода можно отнести единство терминологии и возможность идентификации компонентов при слиянии различных архитектур.

Концепция и структура ИТС должны быть сформированы независимо от технологий (рисунок 6). В этом случае при развитии технологий все требования высоких уровней остаются неизменными. Информация, содержащаяся в пределах структуры системы, позволяет промышленности ИТС производить оборудование и системы, которые окажут услуги, желаемые заинтересованными сторонами, каждая с их собственными отличительными особенностями, но соответствующие целям, выраженным в общей концепции и структуре системы.

Таким образом, обеспечивается взаимодействие и интегрирование ИТС.

Структура системы состоит из нескольких блоков. Функциональный блок необходим для реализации услуг ИТС. Коммуникационный блок устанавливает требования к связям между компонентами. Организационный блок устанавливает, кому принадлежит, кто управляет и применяет каждый компонент и другие организационные меры. Информационный блок содержит сведения об используемой информации, ее атрибутах и отношениях.

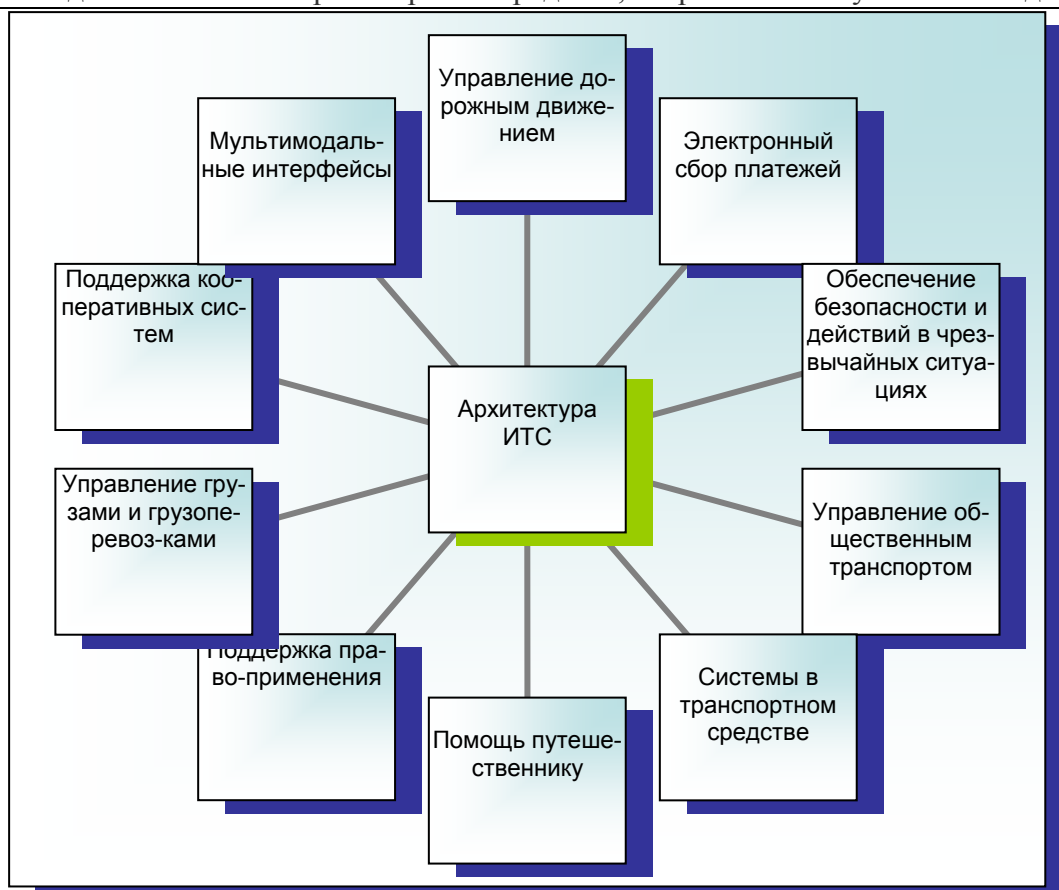


Рисунок 5 – Основные функции, поддерживаемые архитектурой ИТС

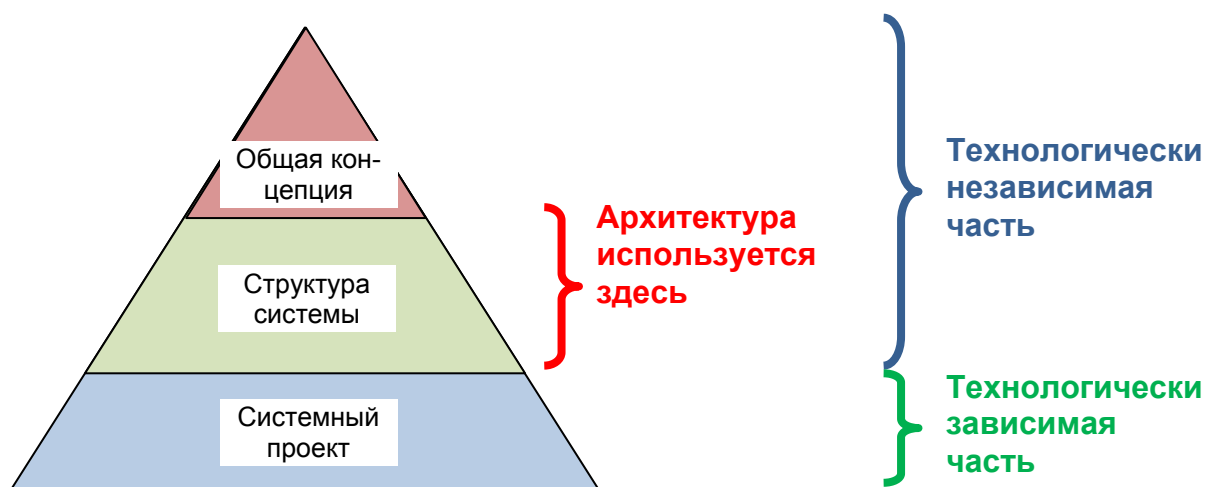


Рисунок 6 – Место архитектуры в процессе разработки системы управления

### Создание архитектуры ИТС с использованием системной архитектуры

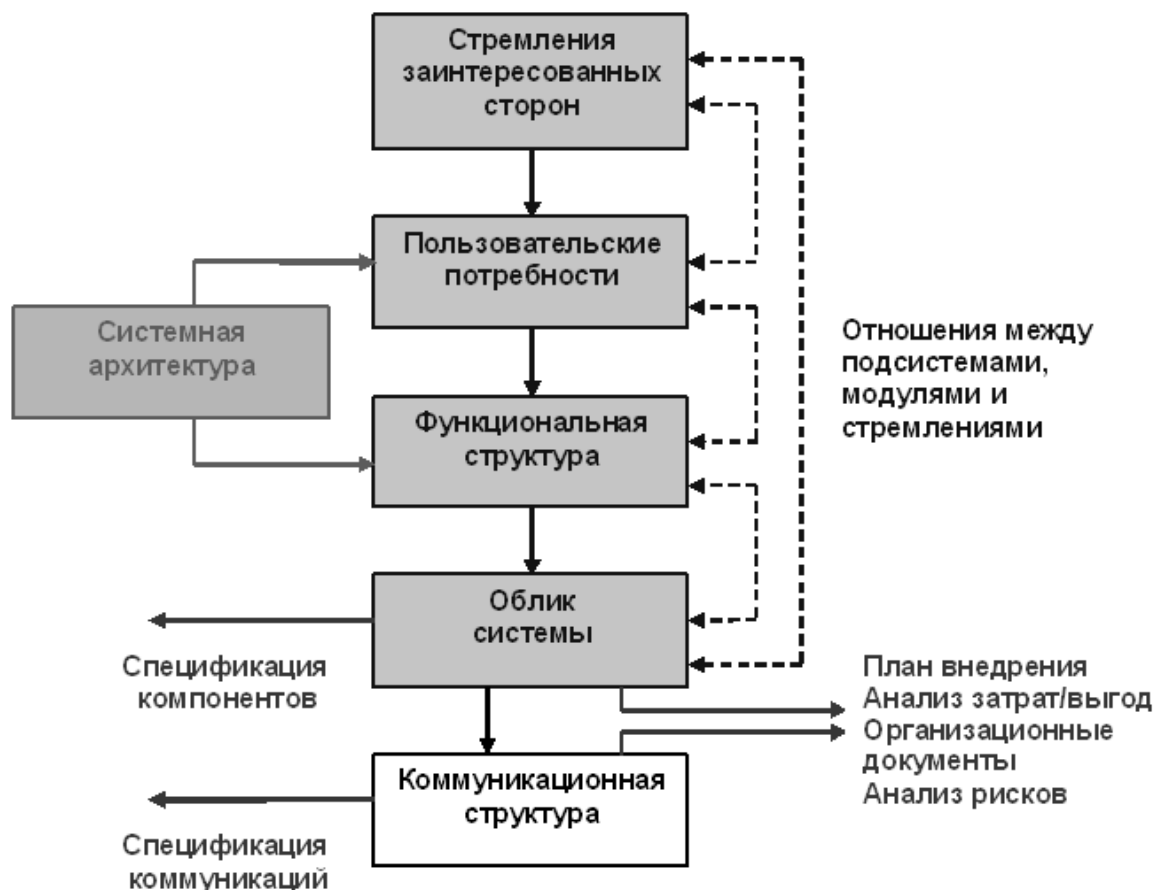
Методология создания архитектуры ИТС из системной архитектуры показана на рисунке 7.

Использование особых технологий или конкретных изделий не предусматривается системной архитектурой. Это важно по двум причинам. Во-первых, архитектура ИТС, созданная с использованием методологии, не будет устаревать в случаях достижений в технологии или разработке продуктов, и, во-вторых, это открывает возможность для развития новых технологий, чтобы обеспечивать особую функциональность.

Функциональная структура (иногда называемая логической структурой) содержит функции, банки данных, терминаторы. Структура показывает, каким образом выполняются требования потребителей. Важной составляющей функциональной структуры является схема

взаимодействия с внешними объектами. Она показывает ИТС, как единый объект, и его связи с внешними объектами. Эта схема позволяет определить границы системы, показывая, что находится внутри ИТС, а что вне ее, и, таким образом, что относится к ответственности разработчика ИТС. Кроме того, устанавливаются характеристики внешних объектов необходимые для разработки функций внутри ИТС. Эти внешние объекты называются терминаторами, которые либо получают данные для ИТС, либо предоставляют выходные данные конечным пользователям. Схема взаимодействия является также частью облика системы.

Системная архитектура охватывает функциональные области ИТС. Каждая функциональная область содержит набор функций, которые связаны друг с другом потоками данных.



**Рисунок 7 – Методология создания архитектуры ИТС из системной архитектуры системы**

Потоки данных также связывают функции с банками данных, которые содержат данные, используемые двумя или более функциями. Функциональная область является иерархической структурой. Иерархия структуры зависит от следующих основных факторов:

- идентификация функций, требуемых для различных целей, например, автомобильные парковки, управление дорожным движением в городе, создание расписаний для регулярных рейсов общественного транспорта и управление общественным транспортом по требованию;
- локализация функций в каждой подсистеме архитектуры ИТС. Например, для выполнения некоторой функции может быть использовано оборудование дорожной инфраструктуры в архитектуре одной подсистемы или центральный блок или транспортное средство в другой. Это дает больше шансов нахождения оптимального варианта конфигурации системы.

Другими фактором, который влияет на иерархию структуры, являются минимизация потоков данных между функциональными областями.

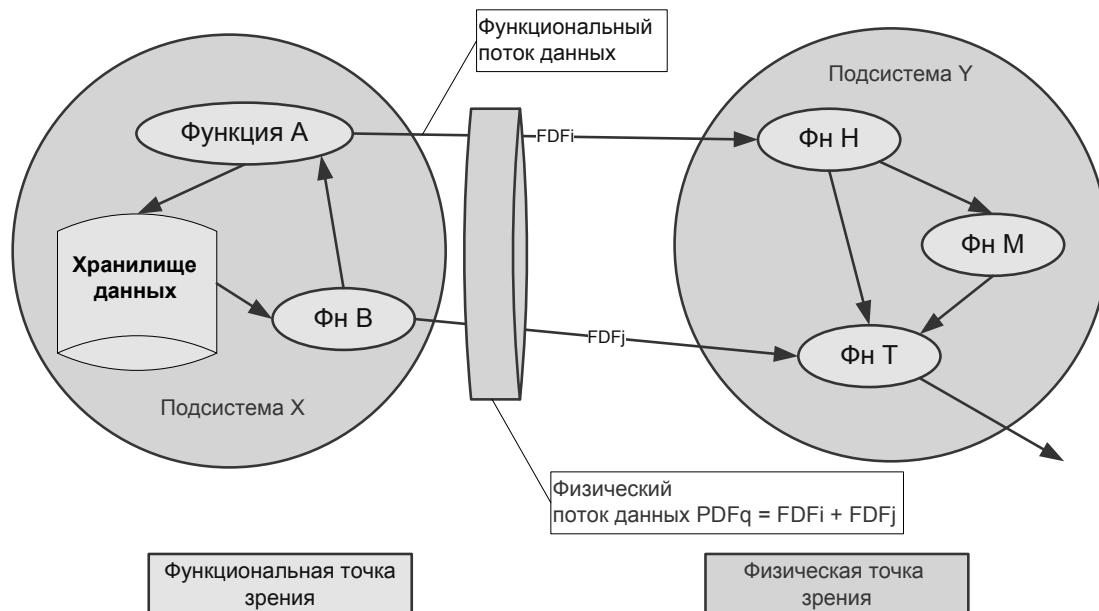
Функциональная структура позволяет локализовать функции либо в пределах подсистемы, либо в пределах модуля, который является частью подсистемы. После этого разраба-

тываются технические условия для подсистем или модулей.

Облик системы показывает, где физически должны быть расположены функции и банки данных. Расположение может быть:

- центральным, которое используется частями системы, чтобы собрать и управлять хранением и обработкой транспортных данных, данных о платежах, заказов на грузоперевозки, и/или формирования мер по управлению дорожным движением, или инструкций по управлению парками, с вмешательством человека или без него, например, центр управления дорожным движением, или центр управления грузоперевозками;
- периферийным, которое используется элементами системы для фиксации транспортных средств и пешеходов, или сбора платежей, и/или формирования мер по управлению дорожным движением, и/или предоставления информации и команд водителям и/или пешеходам;
- в транспортном средстве, где части системы могут быть установлены при изготовлении или могут быть смонтированы позже;
- в персональном носимом устройстве, где может быть установлена часть системы так, чтобы оно могло легко использоваться (и иметь возможность перемещения) путешественниками в составе их личного имущества;
- в грузовом устройстве, где может быть установлена часть системы так, чтобы это была неотъемлемая часть единицы перевозки грузов, например, грузовой контейнер, трейлер или кузов;
- киоск - устройство, обычно располагаемое в общественном месте, где может быть установлена часть системы, чтобы обеспечить путешественникам ограниченный и контролируемый доступ к некоторым из ее средств.

На рисунке 8 показан пример облика системы, состоящей из подсистем X и Y. Два функциональных потока данных  $FDF_i$  и  $FDF_j$  должны пройти между этими двумя подсистемами и образовать единый поток данных.



**Рисунок 8 – Фрагмент облика системы**

Как можно заметить из рисунка 8, функциональные потоки данных, которые проходят между подсистемами или модулями, составляют физические потоки данных и представляют канал связи между подсистемами и/или модулями.

Анализ физических потоков данных, которые проходят между ИТС и терминаторами, позволяет сформировать требования к интерфейсам для конечных пользователей.

Важным свойством системной архитектуры является прослеживаемость всего процесса. Нужно отметить, что услуги, содержащиеся в большинстве архитектур ИТС, обычно не могут развертываться одновременно, как по причинам стоимости, так и по причинам надеж-



ности (то есть одну услугу, вероятно, придется установить прежде, чем может быть включена другая). Таким образом, при планировании развертывания компонентов и линий связи, идентифицированных архитектурой ИТС, необходимо принять во внимание финансовые ограничения и ограничения надежности, которые может иметь предложенное развертывание.

Целью системной архитектуры является обеспечение развертывания ИТС на систематической основе, планирования внедрения ИТС, интеграции многочисленных систем, и взаимодействия, в том числе трансграничного.

#### **Заключение**

Проведенный анализ показал, что зарубежный опыт в сфере развития ИТС, как позитивный, так и негативный, представляет большой интерес и в значительной степени может быть использован в Российской Федерации. Его особая актуальность состоит в том, что в перспективе совместимость бортовых компонентов ИТС с внешними системами, вероятно, станет одним из важных факторов, влияющих на интенсивность международных и транзитных перевозок.

Разработку телематических транспортных систем целесообразно организовать по следующим двум направлениям:

- разработка базовой открытой архитектуры телематической транспортной системы, инвариантной к функциональным задачам, и создание на ее основе универсальной инфраструктуры ТТС;
- разработка компонентов ТТС, обеспечивающих решение специфических функциональных задач, и подключение их к универсальной инфраструктуре.

Совокупность базовых и специфических компонентов составляет интегрированную телематическую транспортную систему, обеспечивающую решение широкого круга задач, которые ставятся перед ТТС, при оптимизации затрат времени и ресурсов на создание и эксплуатацию такой системы.

#### **Литература**

1. Гапанович В.А., Розенберг И.Н. Основные направления развития интеллектуального железнодорожного транспорта. «Железнодорожный транспорт», № 4, 2011.
2. ITS Strategy in Japan. Report of the ITS Strategy Committee ITS Japan. Summary version. ITS Strategy Committee, 2003.
3. Directive 2010/40/eu of the European Parliament and of the Council of 7 July 2010 on the Framework for the Deployment of Intelligent Transport Systems in the field of road transport and for interfaces with other modes of transport.
4. Code of Federal Regulations (CFR). Title 23 — Highways. Chapter I. Federal Highway Administration, Department Of Transportation. Subchapter E - Planning And Research. Part 450 - Planning Assistance And Standards. <http://www.gpoaccess.gov/index.html>
5. Пржибыл Павел, Свитек Мирослав. Телематика на транспорте. Перевод с чешского О. Бузэка и В. Бузковой. Под редакцией проф. В. В. Сильянова. М.: МАДИ (ГТУ), 2003.
6. National Intelligent Transport Systems Strategy 2010-2015. Intelligent Transport Systems Australia, July 2010.
7. Next Generation 9-1-1 (NG9-1-1) Initiative. Final System Design Document. US Department of Transportation. Washington, D.C. February 2009. Version 2.0.
8. Action Plan for the Deployment of Intelligent Transport Systems in Europe. Communication from the commission. Commission of the European Communities. Brussels, 16.12.2008. COM(2008) 886 final.